

TIETOMALLIPOHJAISEN LIIKENTEEN ESI- JA YLEISSUUNNITTELUPROSESSIN TEHOSTAMINEN

Case: Tammelan lähtötietomalli



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Riihimäki, Liikennealan koulutusohjelma

Syksy, 2017

Rico Tammisto

Liikennealan koulutusohjelma
Riihimäki

Tekijä	Rico Tammisto	Vuosi 2017
Työn nimi	Tietomallipohjaisen liikenteen esi- ja yleissuunnitteluprosessin tehostaminen, Case: Tammelan lähtötietomalli	
Työn ohjaaja/t	Janne Rautio, Pekka Väinölä	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehostaa liikenteen tietomallipohjaista esi- ja yleissuunnitteluprosessia kehittämällä lähtöaineistojen käsittelyä. Uusi teknologia mahdollistaa ajantasaisten lähtötietojen hankkimisen kustannustehokkaasti miehittämättömillä ilma-aluksilla ja lisäksi tietomallipohjaisen suunnittelun rooli liikenne- ja infra-alalla on kasvanut. Opinnäytetyö on tehty Ramboll Finland Oy:n kautta ja työn tilaajana toimi Tampereen kaupunki.

Työssä muodostettiin lähtötietomalli InfraWorks-ohjelmistossa ja tavoitteena oli hyödyntää miehittämättömällä ilma-aluksella tuotettua lähtöaineistoa suorittamalla alueesta ilmakehäkuvaus sekä kartoittaa mahdollisia käyttötarkoituksia Tampereen kaupungin omalle miehittämättömälle ilma-aluslaskentalle. Lisäksi työssä testattiin InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välistä rajapintaa.

Miehittämätön ilma-alus soveltuu lähtötietojen hankkimiseen ja tuotetun aineiston hyödyntämiseen suunnitteluohjelmistoissa. Miehittämättömän ilma-aluksen avulla ajantasaiset lähtötiedot saadaan hankittua nopeasti sekä päästään parempaan tarkkuuteen kuin miehittyillä ilma-aluksella tai satelliitilla tuotetuilla aineistoilla. Lisäksi miehittämättömällä ilma-aluksella on monipuolisesti erilaisia käyttötarkoituksia.

InfraWorks-ohjelmisto soveltuu lähtötietomallin muodostamiseen sekä esi- ja yleissuunnitteluun. Ohjelmistolla voidaan myös mallintaa ja visualisoida nopeasti esimerkiksi AutoCAD-pohjaisia suunnitelmia.

Avainsanat Miehittämätön ilma-alus, lähtötietomalli, InfraWorks, esi- ja yleissuunnittelu

Sivut 64 sivua, joista liitteitä 6 sivua

Degree Programme in Traffic and Transport Management
Riihimäki

Author	Rico Tammisto	Year 2017
Subject	Enhancing the Data Modelling Process of Preliminary and Principal Traffic Plans, Case: Base Data Model of Tammela	
Supervisors	Janne Rautio, Pekka Väinölä	

ABSTRACT

The aim of this project was to enhance the data modelling process of preliminary and principal traffic plans by developing the processing of base data. New technology allows us to collect base data with a cost-efficient manner using unmanned aircrafts and the role of data modelling has increased in the design of the traffic and infrastructure industry. This thesis was made with Ramboll Finland Oy and the commissioner of this project was the City of Tampere.

In the project the base data model was created using software called InfraWorks and the aim was to benefit from using unmanned aircraft as part of collecting up-to-date base data by taking aerial photographs of the area and surveying possible uses for the unmanned aircraft of City of Tampere. In addition, the interface of the InfraWorks and Novapoint softwares was tested in the project.

Unmanned aircraft is suitable for collecting base data and the collected data can be used in design software. By using unmanned aircraft, up-to-date base data can be collected fast and the accuracy of the data is higher compared to data collected by manned aircraft or satellites. Moreover, an unmanned aircraft has many different uses.

The InfraWorks software is suitable for creating a base data model and for preliminary and principal plans. It is also possible to model and visualize AutoCAD-based plans with the software.

Keywords Unmanned aircraft, base data model, InfraWorks, preliminary and principal plans

Pages 64 pages including appendices 6 pages

TERMISTÖ

BVLOS = (Beyond Visual Line of Sight) on suoran näköyhteyden ulkopuolella tapahtuvaa lentotoimintaa

FBX-formaatti = FBX-tiedonsiirtoformaattia käytetään esimerkiksi 3D-objektien tai -mallien siirtämiseen

IFC-formaatti = (Industry Foundation Classes) on tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään rakennusten ja kiinteistönpidon tietojen siirtämiseen

IMX-formaatti = Autodeskin IMX-tiedonsiirtoformaattia käytetään esimerkiksi tietojen siirtämiseen InfraWorks- ja AutoCAD Civil 3D-ohjelmistojen välillä. Formaatti ei vaadi yhteneviä ohjelmistoversioita

Inframodel-formaatti = on LandXML-standardin mukainen tiedonsiirtoformaatti infrarakenteiden tietojen siirtämiseen

LAS-formaatti = LAS-tiedonsiirtoformaattia käytetään kolmiulotteisen pistepilvidatan siirtämiseen

RCS-formaatti = (Autodesk ReCap Scan) on tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään kolmiulotteisen pistepilvidatan siirtämiseen

RPAS = (Remotely Piloted Aircraft System) on kauko-ohjattu ilmalusjärjestelmä, jota käytetään lentotyöhön

SDF-formaatti = (Spatial Data Format) on tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään spatiaalisen eli avaruudellisen datan siirtämiseen

SHP-formaatti = (Shape Definition) on tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään vektoridatan siirtämiseen

SQLite-formaatti = SQLite-tiedonsiirtoformaattia käytetään esimerkiksi tietojen siirtämiseen InfraWorks- ja AutoCAD Civil 3D-ohjelmistojen välillä. Formaatti vaatii yhtenevät ohjelmistoversiot

TIFF-formaatti = (Tagged Image File Format) on tiedonsiirtoformaatti, jota käytetään esimerkiksi koordinaatistossa olevan ortoilmakuvan tiedostoformaattina

VLOS = (Visual Line of Sight) on suoran näköyhteyden sisällä tapahtuvaa lentotoimintaa

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	MIEHITTÄMÄTÖN ILMAILU.....	2
2.1	Miehittämätön ilma-alus.....	2
2.2	Lennokki	3
2.3	RPAS Lentotyötoiminta	3
2.4	Lainsäädäntö	3
2.5	Turvallisuus.....	4
2.5.1	Lentoympäristö ja sääolosuhteet	5
2.6	Missä saa lentää?	6
2.7	Miehittämättömän ilma-aluksen käyttötarkoitukset liikenne- ja infra-alalla.....	8
2.7.1	Ortokuvien ja pistepilvien tuottaminen	8
2.7.2	Liikennelaskennat	10
2.7.3	Näkemäanalyytit	11
2.7.4	Kuntotarkastukset ja -tutkimukset	12
2.7.5	Muut käyttötarkoitukset	13
2.8	Kalusto ja RPAS-toimijat.....	13
3	LÄHTÖTETOMALLI	14
3.1	Rakenne.....	15
3.2	Prosessi.....	17
3.3	Tekniset vaatimukset	18
3.3.1	Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä	18
3.3.2	Formaatit	19
3.3.3	Aineistojen tarkkuustaso	19
4	PROSESSIKUVAUS	20
4.1	Kuvaus Tampereen kaupungin toiminnan nykytilasta	21
4.1.1	Miehittämättömän ilma-aluksen käyttö	21
4.1.2	Visuaalisen aineiston hallinta ja hyödyntäminen	21
4.1.3	Tietomallipohjainen suunnittelu ja ohjelmistojen käyttö	22
4.1.4	Yhteenvedo tehostamisen kohteista	23
4.2	Case: Tammelan lähtötietomalli	24
4.3	Käytetyt ohjelmistot.....	25
4.4	Lähtötietomallin muodostus	26
4.4.1	Kansiorakenteen luominen	26
4.4.2	Raaka-aineen hankinta	28
4.4.3	Raaka-aineen käsittely ja jalostaminen lähtötiedoksi	28
4.4.4	Lähtötietomallin muodostaminen InfraWorks-ohjelmistossa	32
4.5	InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välisen rajapinnan tutkiminen	43
4.6	Lähtöaineistoluettelo ja tietomalliselostus.....	43
5	TYÖN TULOKSET JA HAVAINNOT	43

5.1	Miehittämättömän ilma-aluksen käyttö lähtötietojen hankinnassa ja tuotetun aineiston hyödyntäminen.....	43
5.1.1	Haasteet.....	46
5.1.2	Tulevaisuuden mahdollisuudet ja uhkakuvat.....	47
5.2	Raaka-aineen käsittely ja jalostaminen.....	48
5.3	InfraWorks-ohjelmiston hyödyntäminen osana tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia	48
5.3.1	Haasteet.....	49
5.4	InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välinen rajapinta	50
5.5	Arviointi	54
5.6	Johtopäätökset.....	54
LÄHTEET		56

Liitteet

Liite 1	Lähtöaineistoluettelo
Liite 2	Tietomalliselostus

1 JOHDANTO

Liikenteen ja infran suunnitteluala on murroksessa. Uusi teknologia mahdollistaa ajantasaisen lähtötiedon hankkimisen nopeasti ja kustannustehokkaasti hyödyntämällä nykyaikaisia miehittämättömiä ilma-aluksia. Ilmakuvausella voidaan tarkastaa suunnittelukohteen nykytilanne ja verrata kerättävää tietoa jo saatavilla olevaan lähtöaineistoon. Näin varmistetaan, että hankkeen lähtöaineisto on ajantasaista ja virheiden määrä suunnittelussa vähenee. Miehittämättömällä ilma-aluksella kerättyä lähtötietoa voidaan käyttää lähtötietomallin muodostamisessa ja tätä kautta luoda luotettava perusta tietomallipohjaiselle jatkosuunnittelulle. Suunnittelussa tarvittavat lähtötiedot kootaan lähtötietomalliin, joka tukee tietomallipohjaista suunnittelua ja tekee siitä mahdollisimman tehokasta ja hallittua.

Tietomallipohjaisen suunnittelun rooli liikenne- ja infra-alalla on viime vuosina kasvanut. Suunnitelmien visualisoinnilla ja havainnollistamisella on havaittu olevan huomattavia hyötyjä, sillä kolmiulotteisessa muodossa olevat suunnitelmat parantavat tilaajan ja suunnittelijan välistä kommunikointia ja ymmärrystä. Lisäksi tietomallipohjainen suunnittelu toimii selkeänä formaattina ulkoiselle raportoinnille.

Opinnäytetyö on tehty Ramboll Finland Oy:n kautta ja työn tilaajana toimi Tampereen kaupunki. Työn aikana tilaajaa edustivat Tampereen kaupungilta paikkatietopalveluiden yksikön päällikkö Olavi Ujanen, kehittämisspäällikkö Jaakko Uusitalo, tietohallintokoordinaattori Janne Lindberg ja liikenneinsinööri Timo Seimelä. Työn ohjaajina toimivat Ramboll Finland Oy:stä ryhmäpäällikkö Pekka Väinölä ja Hämeen ammattikorkeakoulusta lehtori Janne Rautio.

Työn tärkeimpänä tavoitteena on tehostaa liikenteen tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia kehittämällä lähtöaineistojen käsittelyä. Työssä muodostetaan lähtötietomalli InfraWorks-ohjelmistoon hyödyntämällä lähtötietojen hankinnassa jo saatavilla olevan lähtöaineiston lisäksi miehittämätöntä ilma-aluskalustoa, jolla suoritetaan suunnittelukohteen alueen nykytilasta ilmakuvaus. Työssä kartoitetaan mahdollisia käyttökohteita myös Tampereen kaupungin omalle miehittämättömälle ilma-aluskalustolle sekä tutkitaan InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välistä rajapintaa.

2 MIEHITTÄMÄTÖN ILMAILU

Miehittämättömän ilmailun suosio on kovassa kasvussa ja erilaiset lentolaitteet sekä niiden käyttö niin harraste- kuin ammattikäytössä ovat yleistyneet nopeasti teknologian kehittyessä. Miehittämättömiä ilma-aluksia voidaan hyödyntää monipuolisesti erilaisten tehtävien suorittamisessa, jotka muuten vaatisivat esimerkiksi miehitettyjä ilma-aluksia tai olisivat liian vaarallisia suoritettavaksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

Uuden teknologian myötä turvallisuus ja kustannustehokkuus ovat parantuneet sekä on syntynyt uusia liiketoimintamahdollisuuksia, työpaikkoja, kilpailuetua ja saavutettu kaupallista kasvua. Miehittämättömän ilmailun kehitys on ollut todella nopeaa ja uusia käyttökohteita löytyy jatkuvalla syötöllä. Suomen ilmailuviranomainen (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafifin) on pyrkinyt tukemaan miehittämättömän ilmailun kehitystä Suomessa tekemällä alan sääntelystä mahdollisimman joustavaa ja mahdollistamalla toiminnan laajasti, turvallisuutta unohtamatta. (Insta Airhow, 2017.)

Miehittämättömän ilmailun osalta käytettävät lentolaitteet voidaan luokitella yleisesti ottaen miehittämättömiin ilma-aluksiin ja lennokkeihin. Käytännössä lentolaitteet voivat olla täysin samanlaisia, mutta eron termin käytölle tuo lentolaitteen käyttötarkoitus. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

Tämä luku sisältää miehittämättömän ilma-aluksen ja lennokin määritelmät, mutta käsittelee pääosin miehittämättömän ilma-alukseen ja lentotyötoimintaan liittyviä aihealueita kuten lainsäädäntöä, turvallisuutta ja eri käyttötarkoituksia.

2.1 Miehittämätön ilma-alus

Miehittämättömällä ilma-aluksella tarkoitetaan ilma-alusta, jossa ei ole ohjaajaa mukana ja joka on tarkoitettu jonkin tehtävän suorittamiseen. Miehittämättömällä ilma-aluksella tarkoitetaan myös kauko-ohjattua ilma-alusta, jolla on kauko-ohjaaja.

Miehittämättömiä ilma-aluksia koskee sääntely, esimerkiksi Liikenteen turvallisuusvirasto Trafifin määräyksellä OPS M1-32 asetetaan käytölle vaatimuksia. Miehittämättömillä ilma-aluksilla on usein tietty käyttötarkoitus, kuten ilmakeuhkaus tai mittaus ja niiden käyttö luokitellaan toiminnallaan lentotyöksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

2.2 Lennokki

Lennokilla tarkoitetaan harrastus- tai urheilutoimintaan käytettävää lentolaitetta.

Lennokkeja koskee myös sääntely ja niiden lennättäminen luetaan ilmailuksi, määräyksellä OPS M1-32 asetetaan lennättämiselle vaatimuksia. Lennokkeja koskee lisäksi sääntely muun muassa yksityisyydensuojasta, kotirauhasta, tekijänoikeuksista sekä yleisestä järjestyksestä ja turvallisuudesta. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, 2016.)

2.3 RPAS Lentotyötoiminta

Lentotyötoiminnalla tarkoitetaan toimintaa, joka ei liity urheilu- tai harrastetoimintaan. Lentotyötoiminnassa miehittämätöntä ilma-alusta käytetään viranomaistehtäviin tai esimerkiksi liiketoiminnan tai elinkeinon harjoittamiseen. Myös opetuskäytössä tapahtuva toiminta luetaan lentotyöksi. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

Lentotyötoiminnan aloittamiseksi tulee tehdä vähintään seuraavat toimenpiteet:

- toimijailmoituksen tekeminen (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafille)
- vakuutuksen (vakuutusasetus (EY) 785/2004 vaatimusten mukainen) hakeminen
- ilma-aluskaluston merkitseminen tarroilla (sisältäen vastuuhenkilön yhteystiedot). (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, 2017.)

Lentotyötoiminta sisältää myös muita turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia, joista kerrotaan tarkemmin kohdassa 2.5 (Turvallisuus).

2.4 Lainsäädäntö

Miehittämätöntä ilmailua koskeva lainsäädäntö Suomessa on joustavaa ja mahdollistaa laajan toiminnan. Kevyellä sääntelyllä halutaan mahdollistaa miehittämättömän ilmailun kehittyminen ja luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Vaikka sääntely on vapaamuotoista, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on asettanut miehittämättömälle ilmailulle tarkat pelisäännöt (OPS M1-32), jotta turvallisuus säilyy. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

Lainsäädäntö miehittämättömiä ilma-aluksia koskien Suomessa sisältää seuraavia eri liikennealan normeja:

- kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen (OPS M1-32)
- EU-komission asetus (923/2012)
- ilmailulaki (864/2014)
- valtioneuvoston asetus (930/2014) ilmailulta rajoitetuista alueista
- ilmailun vakuutusasetus (EY) N:o 785/2004
- kasvinsuojeluainelaki (1563/2011).

Lisäksi lainsäädäntö sisältää sääntelyä yksityisyydensuojasta, kotirauhasta, tietosuojasta, yleisestä järjestyksestä ja turvallisuudesta, radiotaajuuksista, kaupallisten oikeuksien hallinnasta sekä melusta ja luonnonsuojelusta. (Trafí, Liikenteen turvallisuusvirasto, 2017)

Valmisteilla on myös kansainvälinen, EU-tasolla oleva sääntely koskien miehittämättömän ilmailua Euroopassa. Riskinä on, että sääntely tulisi olemaan tiukempaa kuin tällä hetkellä oleva kansallinen sääntely. Tämä voisi toteutuessaan jarruttaa miehittämättömän ilmailun kehitystä Suomessa. Tästä syystä Trafí on ollut vahvasti mukana EU-tasolla olevan sääntelyn valmistelussa, jotta Suomessa käytössä olevaa kevyttä sääntelyä voitaisiin jatkaa myös tulevaisuudessa. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

Tällä hetkellä nähtävillä ja kommentoitavana on Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA:n julkaisema luonnos sääntelystä (NPA 2017-05) koskien miehittämättömän ilmailua Euroopassa. Sen on arvioitu tulevan voimaan vuoden 2018 alusta. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafí, 2017.)

2.5 Turvallisuus

Miehittämättömien ilma-alusten ja lennokkien käytön turvallisuuden osalta yleisohjeina voidaan pitää suoran näköyhteyden säilyttämistä ja lennätyskorkeuden pitämistä alle 150 metrissä. Lennoista ei saa myöskään olla vaaraa ihmisille, omaisuudelle tai muulle lentoliikenteelle. Tästä syystä erityisesti sairaaloiden ja lentoasemien läheisyydessä toimimisessa tulee kiinnittää erityistä huomiota kielto- ja rajoitusalueisiin sekä niiden noudattamiseen, sillä miehittämättömilla ilma-aluksilla ja lennokeilla on velvollisuus väistää muita ilma-aluksia. Jokaisen miehittämättömän ilma-

aluksen ja lennokin tulee lisäksi sisältää yhteystiedot siitä, kenelle se kuuluu. (Trafí, 2017.)

Suuren väkijoukon tai asutuskeskuksen yläpuolella lentäminen on miehittämättömällä ilma-aluksella sallittua seuraavien ehtojen täyttyessä:

1. lentoonlähtömassa maksimissaan 7 kg
2. suoran näköyhteyden säilyttäminen lennon ajan
3. lentokorkeuden käyttäminen siten, että laskeutuminen häiriötilanteessa on turvallista, vaarantamatta ihmisiä tai omaisuutta
4. turvallisuusarvioinnin laatiminen (säilytettävä 3 kk ajan)
5. toimintaohjeistuksen laatiminen (säilytettävä 3 kk ajan).

Selvyyden vuoksi todettakoon, että lennokin lennättäminen suuren väkijoukon yläpuolella ei ole sallittua. Asutuskeskuksen yläpuolella myös lennokin lennättäminen on sallittua, mutta esimerkiksi lentoonlähtömassa saa olla maksimissaan 3 kg. (Trafí, 2017.)

Miehittämättömän ilma-aluksen osalta lennättäjän täytyy olla vähintään 18-vuotias ja jokaisesta lennosta tulee kirjata ylös lennätyksen päivämäärä, paikka, ilma-aluksen päällikkö, ilma-aluksen valmistaja/malli, alkamis- ja päättymisaika, toiminnan tyyppi (VLOS tai BVLOS) sekä minkälaisesta tehtävästä on kyse. Näitä tietoja tulee säilyttää kolme vuotta. Mahdollisten onnettomuuksien, läheltä piti tilanteiden tai vaaratilanteiden sattumissa tulee tehdä ilmoitus Liikenteen turvallisuusvirasto Trafille, jotta niistä voidaan oppia ja välttää samankaltaiset tilanteet tulevaisuudessa. (Trafí, 2017.)

Lentotyötoimintaan kuuluvat BVLOS-lennot eli näköyhteyden ulkopuolella tapahtuvat lennot vaativat aina ilmatilan varauksen, jonka myöntää Liikenteen turvallisuusvirasto Trafí. BVLOS-lennoista tulee laatia aina turvallisuusarviointi ja toimintaohjeistus, lisäksi dokumentit on säilytettävä kolmen kuukauden ajan. (Trafí, 2017.)

2.5.1 Lentoympäristö ja sääolosuhteet

Miehittämättömän ilma-aluksen turvallisessa lennättämisessä tulee lisäksi kiinnittää huomiota lentoympäristöön ja vallitseviin sääolosuhteisiin.

Lentoonlähtö- ja laskeutumispaikan tulee sijaita mahdollisimman aukealla paikalla sekä vakaalla pinnalla. Lennon aikana tulee myös välttää erilaisia esteitä ja lentämistä niiden taakse. Este voi pahimmillaan häiritä tai jopa katkaista yhteyden kauko-ohjaimen ja ilma-aluksen välillä. Erityisesti sähkölinjojen, antennimastojen sekä muuntajien on todettu häiritsevän ilma-

aluksen ja kauko-ohjaimen toimintaa, sillä ne voivat aiheuttaa esimerkiksi GPS-signaalin tai videoyhteyden katoamisen lennon aikana. (DJI, 2016.)

Yleisinä ohjeina sääolosuhteiden osalta tulee välttää lentämistä vesi- ja lumisateessa, sumussa, hämärässä sekä yli 10 m/s tuulessa. Esimerkiksi sateessa tai hämärässä lentäminen voi aiheuttaa sen, että ilma-aluksen törmäystutka ei toimi kunnolla. (DJI, 2016.)

Kalustokohtaiset suositukset ja ohjeet tulee kuitenkin aina tarkistaa käytettävän kaluston valmistajan omista käyttöohjeista.

2.6 Missä saa lentää?

Yleisesti ottaen miehittämätön ilmailu on kielletty lentoasemien, ydinvoimaloiden, öljynjalostamojen ja muiden valtionhallinnollisesti tärkeiden alueiden kohdalla ja läheisyydessä. Helsingin keskustaan ja Turun lähelle on lisäksi määritetty alueita, joilla ilmailu on kokonaan kielletty ilman poikkeuslupaa. (Droneinfo.fi, 2017.)

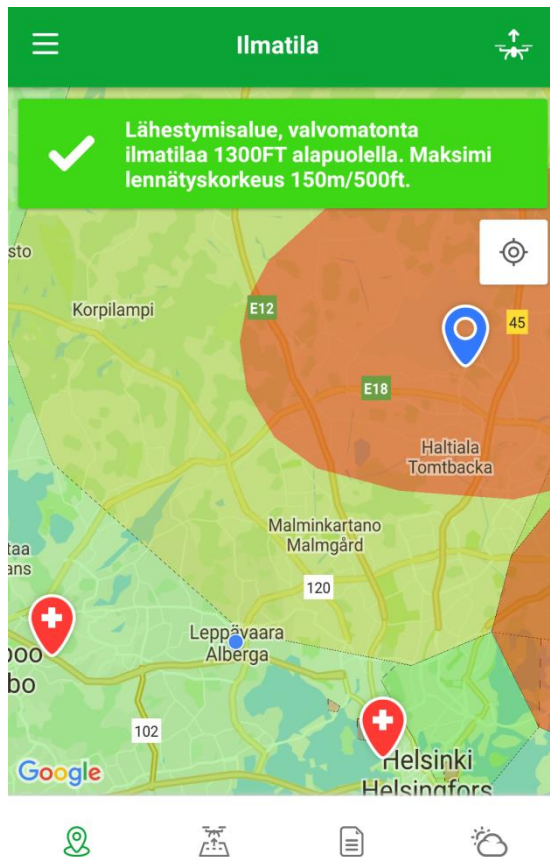
Suomessa miehittämättömän ilmailun rajoittaminen on jaoteltu erilaisiin ilmailun kielto-, rajoitus- ja vaara-alueisiin, jotka löytyvät ilmailukartoista. Kieltoalueella ilmailu on ilman poikkeuslupaa kokonaan kielletty, rajoitusalueella ilmailu taas vaatii yleensä erillisen luvan tai erityisehtojen noudattamista. Vaara-alueilla on usein esimerkiksi pienkone- tai purjelentotoimintaa, mutta siellä ilmailu on sallittu ilma-aluksen päällikön harkinnan mukaan. (ANS Finland, 2017.)

Ilmailukarttoihin on lisäksi merkitty lentoasemien omat lähialueet, joihin on asetettu rajoituksia koskien esimerkiksi lentokorkeutta. Mikäli etäisyys lentoasemaan on alle viisi kilometriä, tarvitaan miehittämättömään ilmailuun kyseisellä alueella lupa lentoaseman lennonjohdolta. (Droneinfo.fi, 2017.)

Ilmailukartat pysyvistä kielto-, rajoitus- ja vaara-alueista ovat nähtävillä AIP Ilmailukäsikirjan osista ENR6 ja AD2, osoitteesta:

<https://ais.fi/ais/eaip/fi/index.htm>.

Myös älypuheliin (Android- ja iOS-käyttöjärjestelmät) on saatavilla ilmainen Droneinfo-mobiilisovellus (kuva 1), jonka kautta on nähtävillä kielto- ja rajoitusalueet sekä rajoitukset lentokorkeudelle Suomessa. Sovelluksen kautta pystyy tekemään lentotoiminnastaan myös lennätysilmoituksen sekä tarkastelemaan ilmailusäätietoja.



Kuva 1. Droneinfo-sovellus näyttää käyttäjän sijainnin perusteella alueella vallitsevan lentokorkeusrajoituksen lisäksi esimerkiksi lähistöllä olevat sairaalat ja lentoasemat.

Esimerkiksi erilaisten tapahtumien tai harjoitusten ajaksi voidaan asettaa tilapäisiä ilmailun rajoitus- tai kieltoalueita, joista löytyy varoituksia ja tiedotteita osoitteista:

<https://ais.fi/ais/bulletins/envfrm-fr.htm> ja

<http://www.droneinfo.fi/fi/tiedotteet>.

Miehittämätön ilmailu kieltoalueilla vaatii aina poikkeusluvan, jonka myöntää Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi. Lupaa voi hakea osoitteesta:

https://www.trafi.fi/ilmailu/lennonvarmistus_ja_ilmatila/ilmailu_kieltoalueilla.

Puolustusvoimien alueiden ja toiminnan kuvaaminen sekä itärajan läheisyydessä sijaitsevilla rajoitusalueilla ilmailu vaatii aina myös poikkeusluvan Puolustusvoimilta, jota voi hakea osoitteesta:

<http://puolustusvoimat.fi/ilmakuvauslupa>.

Itärajan läheisyydessä ilmailu vaatii lisäksi RPAS-lentosuunnitelman, jonka laatimiseen löytyy ohjeet osoitteesta:

<https://www.ais.fi/fi/lennonvalmistelu-ja-lentosuunnitelmat/fpl-ohjeet>.

2.7 Miehitämättömän ilma-aluksen käyttötarkoitukset liikenne- ja infra-alalla

Yleisesti ottaen miehitämättömiä ilma-aluksia voidaan käyttää monipuolisesti eri käyttötarkoituksiin ja niillä voidaan korvata miehitettyjä ilma-aluksia esimerkiksi kartoitukseen, analyysihin, valvontaan tai tilannekuvan antamiseen liittyvissä tehtävissä saavuttaen näin merkittäviä kustannussäästöjä. Miehitämättömillä ilma-aluksilla voidaan suorittaa nopeasti ja turvallisesti esimerkiksi tehtäviä, jotka muussa tapauksessa olisivat hitaita, kalliita tai vaarallisia suorittaa.

Kaupallinen toiminta perustuu pääosin kerätyn tiedon käyttämiseen eri tarkoituksiin. Tietoa kerätään erilaisten sensorien kuten laserkeilaimien, videokameroiden, infrapuna- ja lämpökameroiden sekä tavallisten kameroiden avulla. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2015.)

Liikenteen ja infran näkökulmasta tärkeimmät käyttötarkoitukset liittyvät suunnitelmien lähtötietojen tarkentamiseen ja 3D-pistepilvien tuomiseen osaksi suunnitelmia, liikennelaskentoihin, näkemien analysointiin, kartoitukseen sekä esimerkiksi hankkeiden seurantaan.

2.7.1 Ortokuvien ja pistepilvien tuottaminen

Ilmakuvausella pystytään tuottamaan valitusta alueesta ortokuva ja pistepilvi. Alueen lähtötietoja voidaan tarkentaa näin ollen nopeasti ja luotettavasti viemällä aineisto suunnitteluohjelmistoihin. Ilmakuvaus on mahdollista suorittaa pinta-alaltaan jopa useiden neliökilometrien kokoiselta alueelta päivässä ja se on huomattavasti kustannustehokkaampaa kuin miehitetyllä ilma-aluksella suoritettu ilmakuvaus. Miehitämättömällä ilma-aluksella tuotettuja ajantasaisia lähtötietoja verrataan jo olemassa olevaan lähtöaineistoon ja vältetään näin turhilta virheiltä suunnitteluvaiheessa.

Koordinaatistossa oleva ortokuva ja pistepilvi muodostetaan alueesta otetuista yksittäisistä pystykuvista muodostetusta kuvablokista, joka sijoitetaan koordinaatistoon signaloitujen pisteiden avulla. Alueesta otetaan

pystykuvia siten, että jokainen maastonkohta näkyy vähintään kahdessa pystykuvassa. (Uusitalo, 2017.)

Signaloinnin (kuva 2) avulla parannetaan yleensä runkopisteiden tai vapaasti sijoitettujen, kuvilla näkyvien kohteiden (yleensä maanpinnan kohteiden) näkyvyyttä joko maalaamalla tai rakentamalla signaaleja. Signaloidut pisteet sijoitetaan vähintään ympäröimään koko tutkittava alue ja suurilla alueilla myös alueen sisään. Signaloidun pisteen signaalin koon tulee olla riittävä valittuun maastoresoluutioon nähden sekä sen kontrasti ympäröivään alueeseen tulee olla mahdollisimman suuri (esimerkiksi valkoinen signaali tummalla/mustalla päällysteellä). (Uusitalo, 2017.)



Kuva 2. Pystykuvassa näkyvä oranssi signaloitu piste (lentokorkeus 50 m, pisteen halkaisija 1 m). (Ramboll Finland Oy, 2017)

Valmista ortokuvaa (kuva 3) voidaan hyödyntää muun muassa asemakuvissa, ison alueen kartoituksessa, yleissuunnittelun lähtöaineistona, visualisoinnissa, pinta-alojen laskennassa tai esimerkiksi työmaavalvonnassa. (Ramboll Finland Oy, 2017)



Kuva 3. Ortokuvan erotuskyky voi vastata yhden pikselin osalta jopa 2-5 cm tarkkuutta maastossa riippuen kamerasta, lentokorkeudesta ja sääolosuhteista. (Ramboll Finland Oy, 2017)

Pistepilviä (kuva 4) voidaan hyödyntää esimerkiksi maanpintamallin, kaupunkimallin ja kolmioverkon luomisessa, tilavuus- ja massalaskennassa, työmaavalvonnassa, historiatiedon keräämisessä tai käyttää apuna esimerkiksi visualisoinnissa. (Ramboll Finland Oy, 2017)



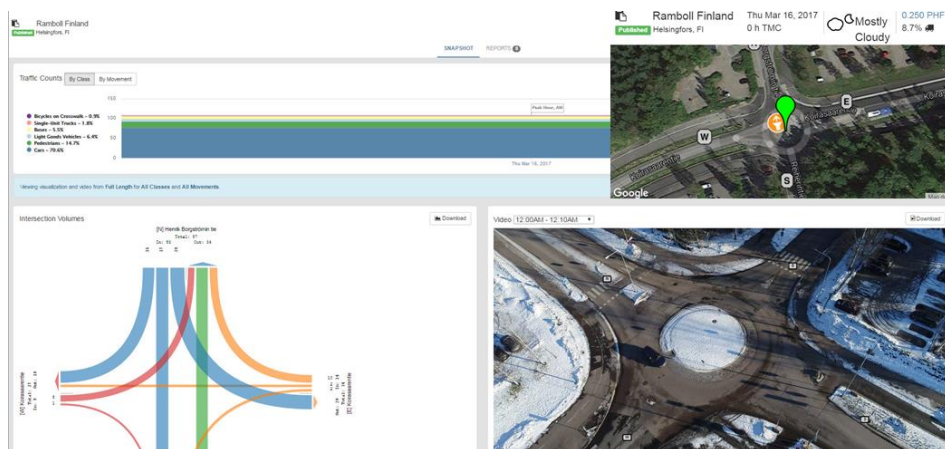
Kuva 4. Miehitämättömällä ilma-aluksella tuotettu pistepilvi katuymäristöstä. (Ramboll Finland Oy, 2017)

2.7.2 Liikennelaskennat

Miehitämätöntä ilma-alusta voidaan hyödyntää myös liikennelaskentojen (kuva 5) suorittamisessa. Hyöty on suurimmillaan etenkin isoissa ja

vilkaissa liittymäalueissa, jotka normaalisti vaativat monen henkilön työpanoksen perinteistä liikennelaskentaa ns. tukkimiehen kirjanpidolla suorittaen. Miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetun videokuvan avulla liikennelaskentaa voidaan tehdä kustannustehokkaasti yhden henkilön voimin.

Videokuvasta voidaan laskea ja eritellä esimerkiksi moottoripyörät, henkilöautot, raskas liikenne sekä kävelijät ja pyöräilijät, kun käytetään apuna erilaisia liikenteen laskentaan keskittyviä ohjelmia. (Ramboll Finland Oy, 2017)

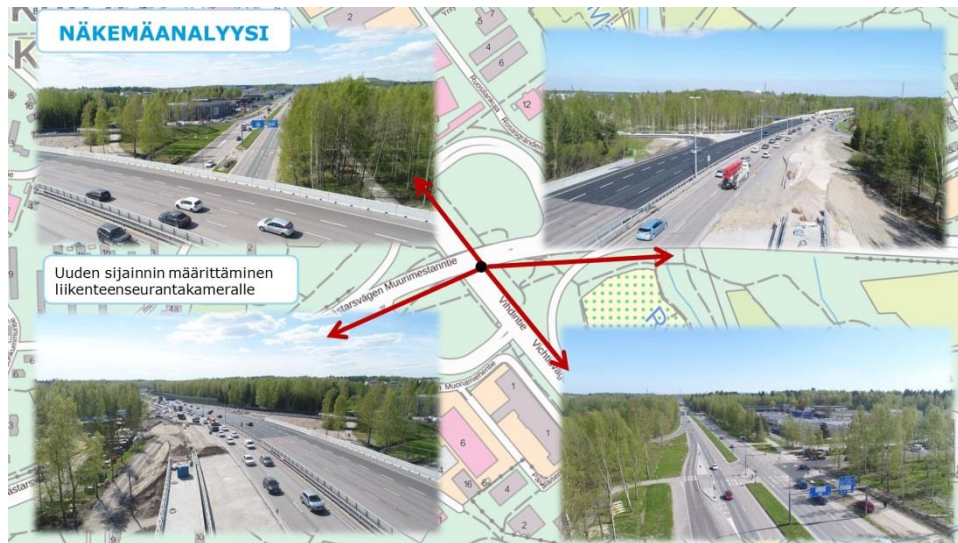


Kuva 5. Miehittämätöntä ilma-alusta voidaan hyödyntää liikennelaskennoissa. (Ramboll Finland Oy, 2017)

2.7.3 Näkemäanalyysit

Myös näkemäanalyysit ovat hyödyllisiä käyttötarkoituksia. Miehittämättömällä ilma-aluksella päästään nopeasti ja helposti korkeisiin paikkoihin tarkastelemaan näkemävaihtoehtoja esimerkiksi eri korkeuksilta tai kohdista.

Miehittämättömän ilma-aluksen avulla voidaan todeta jopa reaaliajassa, mikä suunnitelluista sijaintivaihtoehdoista esimerkiksi liikenteenseurantakameralle (kuva 6) on parhaimman näkemän kannalta sopivin ratkaisu.



Kuva 6. Esimerkki miehittämättömän ilma-aluksen käytöstä näkemä-analyysissä, jossa määritettiin uusi sijainti liikenteenseurantakameralle. (Ramboll Finland Oy, 2017)

2.7.4 Kuntotarkastukset ja -tutkimukset

Miehittämättömillä ilma-aluksilla päästään haastaviin paikkoihin suorittamaan erilaisia kuntotarkastuksia ja -tutkimuksia (kuva 7) ja parannetaan näin muun muassa työntekijöiden turvallisuutta.

Tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi siltojen, mastojen, rakennusten, tuulivoimaloiden, sähkölinjojen, öljynporauslauttojen tai lentokoneiden tarkastukset ja tutkimukset. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, 2015)

Miehittämättömään ilma-alukseen voidaan myös kalustosta riippuen kiinnittää erilaisia lisäensensoreita kuten esimerkiksi lämpökamera. Lämpökameraa voidaan käyttää esimerkiksi lämpövuotokohtien tai eristevaurioiden paikantamiseen rakennuksissa tai tien routavaurioiden analysointiin.



Kuva 7. Miehitämättömällä ilma-aluksella päästään tutkimaan esimerkiksi siltojen mahdollisia vaurioita läheltä. (Ramboll Finland Oy, 2017)

2.7.5 Muut käyttötarkoitukset

Liikenteen ja infran lisäksi miehitämättömällä ilma-aluksella on paljon muitakin käyttötarkoituksia. Näitä ovat esimerkiksi vesistöihin, kasvillisuuteen ja metsiin liittyvät analyysit sekä kartoitukset. Miehitämättömiä ilma-aluksia käytetään myös paljon elokuvateollisuudessa sekä sotilaallisiin tarkoituksiin.

2.8 Kalusto ja RPAS-toimijat

Tällä hetkellä Suomessa on RPAS-toimintaan tarkoitettuja miehitämättömiä ilma-aluksia käytössä 1937 kpl ja toimijoita 1511 kpl. Kalustoa on olemassa monenlaista ja niiden massan keskiarvo on 2,7 kg. Kaikista ilma-aluksista noin 2,4 % on varustettu laskuvarjolla, näiden ilma-alusten massa on yleisesti ottaen huomattavasti suurempi, keskiarvoltaan 8,3 kg. Massaltaan yli 10 kg olevien ilma-alusten osuus kaikista on noin 4,3 %. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, 2017.)

RPAS-toimijoista noin 25 % on ilmoittanut aikomuksistaan toimia suuren väkijoukon yläpuolella. Tiheästi asutun asutuskeskuksen yläpuolella aikoo toimia noin 60 % ja vain alle 10 % on ilmoittanut aikovansa toimia näköyhteyden ulkopuolella. Yli 80 % toimijoista on ilmoittanut erikoistuvansa valo- ja videokuvaukseen. Esimerkiksi rakennusten, kattojen, siltojen ja muiden rakenteiden tarkastuksiin erikoistuu noin 20 % toimijoista. (Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, 2017.)

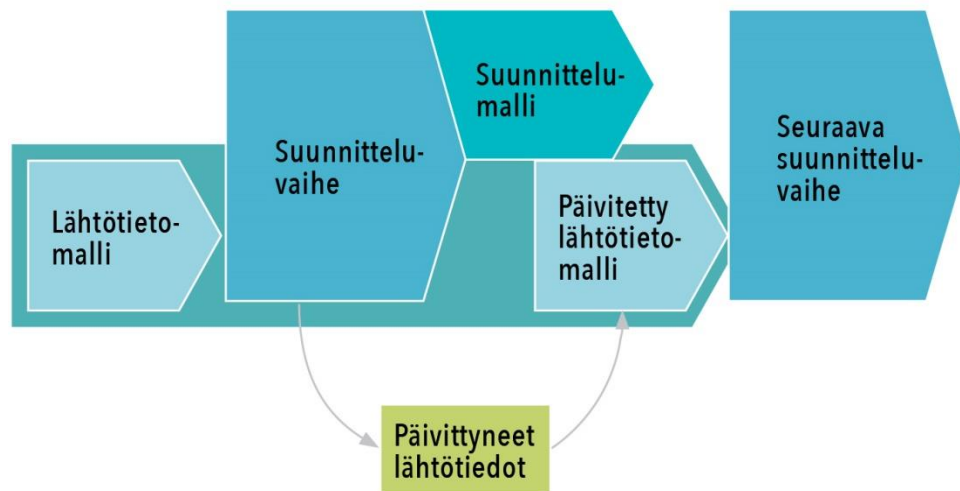


Kuva 8. Tampereen kaupungilla käytössä oleva miehittämätön ilma-
alus, GeoDrone X4L. (Geotrim Oy)

3 LÄHTÖTIETOMALLI

Ajantasaiset ja luotettavat lähtötiedot ovat tietomallipohjaisen suunnittelun perusta. Lähtötietomalli (kuva 9) on tapa koota kaikki tarvittavat nykytilaa kuvaavat lähtötietoaineistot yhteen paikkaan, jossa ne ovat hankkeen aikana käytettävissä, täydennettävissä ja hallittavissa. Lähtötietomallin avulla suunnittelijalla on käytössään ajantasaiset lähtötiedot, joita voidaan suunnittelun aikana hyödyntää ja täydentää uusilla lähtötiedoilla. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Koska suunnittelualueen nykytilaa kuvaavia lähtötietoja voi olla jopa satoja, täytyy ne dokumentoida selkeään ja harmonisoituun muotoon tietomallipohjaista suunnittelua ajatellen. Lähtötietomalli toimii tietomallipohjaisen suunnittelun perustana, joten se tulee koota ennen suunnitteluvaiheen alkamista, jotta ajantasaiset lähtötiedot ovat suunnittelijalla käytössä. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)



Kuva 9. Lähtötietomalli toimii perustana tietomallipohjaiselle suunnittelulle. (buildingSMART Finland, 2015)

Hankkeen edetessä ja sen eri vaiheissa lähtötietomallia täydennetään (kuva 10) ja päivitetään sen osalta, kun uusia lähtötietoja saadaan. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)



Kuva 10. Lähtötietomalli päivittyy hankkeen elinkaaren eri vaiheissa. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

3.1 Rakenne

Lähtötietomalli sisältää lähtöaineiston jaoteltuna erilaisiin pää- ja alakan-sioihin. Lisäksi lopputuotteena syntyy lähtöaineistoluettelo ja lähtötieto-malliselostus. BuildingSMART Finland on julkaissut lähtötietomallin muo-dostamista varten ohjeen (Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015, osa 3). Ohje määrittelee lähtötietomallin sisällön sekä vaatimukset, jotka sisällöl-le ja mallin muodostamiselle asetetaan. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

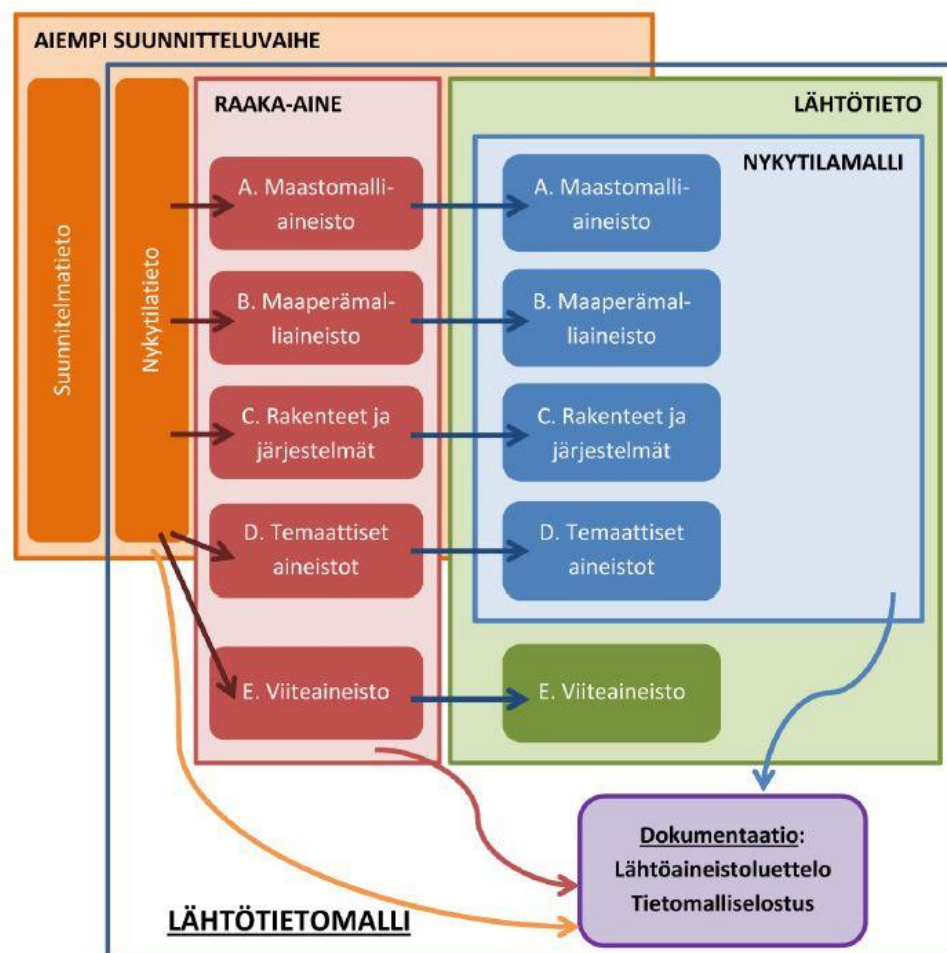
Lähtötietomallin rakenne (kuva 11) koostuu kolmesta pääkansiosta, jotka ovat:

- AIEMMAT_VAIHEET (aineistot aiemmista suunnitteluvaiheista)

- RAAKA_AINE (lähtöaineistot lähtötietomallia varten)
- LAHTOTIETO (raaka-aineista jalostetut ja harmonisoidut aineistot).

Pääkansioiden alle luodaan lisäksi alakansiot, jotka ovat:

- A_Maastomalli
- B_Maaperamalli
- C_Rakenteet
- D_Temaattiset
- E_Viiteaineisto.



Kuva 11. Lähtötietomallin rakenne muodostuu pääkansioista ja niiden alakansioista. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

Alakansioihin tallennetaan sinne kuuluvat lähtöaineistot sekä tarvittaessa luodaan toisen tason alakansioita. Vakiointia ei ole kuitenkaan vielä tehty toisen ja kolmannen tason alakansioiden osalta. Suunnitteluvaiheesta riippuen alakansioiden sisältö voi vaihdella. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) on Yleisten inframallivaatimusten esittämä esimerkkisisältö alakansioittain. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Taulukko 1. Alakansioiden esimerkkisisältö. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

Alakansio	Esimerkit (suunnitteluvaiheesta riippuen)
A_Maastomalli	<ul style="list-style-type: none"> • Maanpintamalli • Pintavesitiedot ja/tai -malli • Tarkentavat maastotiedot (puusto ja muu kasvillisuus) • Yms.
B_Maaperamalli	<ul style="list-style-type: none"> • Pohjatutkimustiedot • Tulkittu kalliopinta ja maalajirajapinnat • Pohjavesitiedot • Maaperäkartat
C_Rakenteet	<ul style="list-style-type: none"> • Olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien tiedot, esim.: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Vesihuoltoverkostot, kaivot ◦ Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät ◦ Johto- ja laitetiedot ◦ Sillat ◦ Laiturit ◦ Valaistus ◦ Viitoitus ja opastustaulut ◦ Vesiväylien turvalaitteet ◦ Aita- ja kaiderakenteet ◦ Pohjavedensuojaus yms.
D_Temaattiset	<ul style="list-style-type: none"> • Sisältää sekä fyysisesti olemassa olevia aineistoja (esim. muinaismuistot) että ei-fyysisiä aineistoja (esim. kaavatiedot tai liito-oravien elinalueet aluerajauksena). Aineistoja ovat mm: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Kartta-aineistot (pohjakartat yms.) ◦ Ilmakuvat ◦ Kaava-aineistot ◦ Ympäristöaineistot (luonto, uhanalaiset lajit, kulttuuriperintö yms.) ◦ Liikenneaineistot <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nykyinen liikenneverkko ▪ Erikoiskuljetusreitit yms. ◦ Pilaantuneet maat ◦ Kiinteistörajat ja maanomistajatiedot ◦ Rakennus- ja huoneistorekisteri ◦ Toteuttamiseen liittyvät alueiden käyttöoikeudet (tie-, katu- ja rata-alueen rajat, läjitysalueet, väliaikaiset käyttöoikeudet, laskuoja-alueet, suoja-alueet ja -vyöhykkeet) ◦ Vesiväyläalueet
E_Viiteaineisto	<ul style="list-style-type: none"> • Muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat • Maastokäynnit ja valokuvat

3.2 Prosessi

Lähtötietomalliprosessi (kuva 12) lähtee liikkeelle toimeksiannosta. Käytännössä se tarkoittaa lähtötietomallin laatimista hankkeen yhteydessä ennen suunnitteluvaiheen alkamista tai kokonaan erillisenä toimeksiantona. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

Seuraava vaihe sisältää raaka-aineen tilauksen, jonka yhteydessä suoritetaan tärkeiden alkuperä- ja metatietojen dokumentointi lähtöaineistoluetteloon ja samalla aineiston laadunvarmistus. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

Laadunvarmistuksen jälkeen raaka-aine harmonisoidaan muotoon, joka mahdollistaa tietomallipohjaisen suunnittelun. Lisäksi lähtöaineistoluetteloon dokumentoidaan muokkaustoimenpiteet, joita aineiston muokkaamisen on käytetty. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Lopuksi muokattu aineisto vielä tarkistetaan ja laaditaan tietomalliselostus koskien lähtötietomallin tilaa ja sisältöä. Lähtötietomalliprosessin viimeiset vaiheet sisältävät lähtötietomallin luovuttamisen tilaajalle sekä sen hyväksymisen tai palauttamisen takaisin konsultille muutoksia varten. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)



Kuva 12. Lähtötietomalliprosessi sisältää viisi eri päävaihetta. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

3.3 Tekniset vaatimukset

Yleisissä inframallivaatimuksissa on määritelty tietomallipohjaista suunnittelua tukien lähtötietomallin teknisiä vaatimuksia koskien muun muassa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmää, formaatteja, aineistojen tarkkuustasoa ja nimikkeistöä.

3.3.1 Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä

Yleisesti ottaen Suomessa tulee käyttää EUREF-FIN-koordinaatti- ja N2000-korkeusjärjestelmää, koska ne ovat seudullisesti yhtenäisiä ja valtakunnallisten suositusten mukaisia. Esi- ja yleissuunnittelussa voidaan käyttää ETRS-TM35FIN-koordinaatistoa, jossa on vain yksi projektiokaista ja keskimeridiaani 27°. Tarkempi suunnittelu vaatii kuitenkin ETRS-GK-natasokoordinaatiston käyttämisen sopivalla projektiokaistan leveydellä sekä alueelle sopivimman keskimeridiaanin. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla käytössä on ETRS-GK25- ja Tampereella ETRS-GK24-natasokoordinaatisto. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Aineiston muuntamisessa koordinaatistosta toiseen tulee varmistua käytettävien muutoskaavojen toimivuudesta. Lähtöaineistoa voi usein olla esimerkiksi vanhassa koordinaatistossa tai korkeusjärjestelmässä, joten ne täytyy muuntaa oikeaan muotoon. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

3.3.2 Formaattit

Formaattien osalta tärkeintä on, että tieto on muodossa, jossa sitä voidaan hyödyntää monipuolisesti. Avoimien standardien ja tietomallinnusta tukevien formaattien käyttäminen on tietomallipohjaisen suunnittelun perusvaatimus. Yleisissä inframallivaatimuksissa on määritetty tiedonsiirtoformaateiksi infrarakenteiden osalta Inframodel ja taitorakenteiden osalta IFC. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

3.3.3 Aineistojen tarkkuustaso

Tietomallinnuksessa käytetty tarkkuustaso voi vaihdella hankkeesta ja suunnittelualasta riippuen. Tarkkuustaso määräytyy yleensä suunnitteluvaiheen ja sille suunnattujen suunnitteluohjeiden perusteella. Lähtötietojen tarkkuustaso määräytyy kuitenkin aina niin, että se vastaa suunnittelun vaatimuksia. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Jotta lähtötietomallia voidaan hyödyntää tietomallipohjaisessa suunnittelussa, tulee aineistojen tarkkuustaso olla niin korkea, kuin mahdollista. Yleisissä inframallivaatimuksissa on asetettu aineistojen tarkkuustasoon liittyen seuraavat perusvaatimukset:

- lähtötietomallin eri aineistojen tarkkuustaso tulee dokumentoida ja selostaa lähtöaineistoluetteloon ja tietomalliselostukseen mahdollisimman tarkasti
- alkuperältään erilaiset aineistot tulee olla eroteltavissa toisistaan. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Maastomallin osalta aineiston tarkkuustasoksi riittää yleispiirteinen maastomalli. Aineistona voidaan käyttää esimerkiksi Maanmittauslaitoksen tuottamaa aineistoa, joka on saatavilla Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Maaperämalliaineistoa ei välttämättä ole ennen yleissuunnitteluvaiheen alkamista saatavilla, joten maaperämallin laatiminen osaksi lähtötieto-

mallia tulee määrittää hankekohtaisesti. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

Rakenteiden ja järjestelmien osalta tulee esittää tiedot kunnallistekniikan eri laitteista (esimerkiksi putki- ja johtotiedot) sekä rakenteista (esimerkiksi rakennukset ja sillat). Tärkeää on esittää myös erityisesti putki- ja johtotiedot mahdollisimman tarkasti, sillä ne voivat aiheuttaa isoja siirtokustannuksia myöhemmässä vaiheessa. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Lähtötietomalliin tulee tuoda myös yleissuunnitelmavaiheessa tarvittavia kartta- ja paikkatietoaineistoja (esimerkiksi suojelualueet ja kasvillisuus). Näiden aineistojen tarkkuustasoksi riittää esimerkiksi suojelualueen alerajaus. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015.)

Osaksi lähtötietomallia tulee myös liittää mahdollisia muita hankkeeseen liittyviä suunnitelmia, selvityksiä ja lupa-asiakirjoja. (Yleiset inframallivaatimukset YIV, 2015)

4 PROSESSIKUVAUS

Tässä luvussa kuvataan Tampereen kaupungin toiminnan nykytila haastatteluissa tehtyjen havaintojen pohjalta sekä prosessi opinnäytetyön toiminnallisesta osuudesta ja siinä suoritetuista toimenpiteistä.

Prosessikuvaus (kuva 13) sisältää esittelyn opinnäytetyön lähtötietomalliin valitusta alueesta (Tammela), koko lähtötietomallin muodostusprosessin raaka-aineen ja lähtötietojen keräämisestä lähtötietomallin havainnollistamiseen InfraWorks-ohjelmistossa sekä InfraWorks-/Novapoint-välisen rajapinnan tutkimiseen. Prosessissa suoritettut toimenpiteet ovat dokumentoitu prosessikuvaukseen.



Kuva 13. Opinnäytetyön prosessikuvauksen eri vaiheet.

4.1 Kuvaus Tampereen kaupungin toiminnan nykytilasta

Kuvaus Tampereen kaupungin toiminnan nykytilasta suoritettiin haastatteluiden pohjalta. Nykytilankuvauksen tarkoitus oli kartoittaa Tampereen kaupungin oman miehittämättömän ilma-aluskaluston käyttöä ja visuaalisen aineiston hallintaa. Lisäksi kartoitettiin tietomallipohjaisten suunnitteluohjelmistojen käyttöä Tampereella. Kartoituksen tavoitteena oli löytää tehostamisen kohteita Tampereen kaupungin toiminnassa tietomallipohjaista suunnittelua koskien.

Haastateltavina toimivat miehittämättömän ilma-aluksen käytön osalta paikkatietopalveluiden yksikön päällikkö Olavi Ujanen ja kehittäispäällikkö Jaakko Uusitalo, visuaalisen aineiston hallinnan osalta suunnittelija Eelis Ylitalo sekä tietomallipohjaisten suunnitteluohjelmistojen käytön osalta suunnittelija Rodrigo Coloma.

4.1.1 Miehittämättömän ilma-aluksen käyttö

Tampereen kaupunki teki kauko-ohjattavan ilmakehuvauslaitteiston ja ohjelmiston osalta hankintapäätöksen huhtikuussa, vuonna 2017. Lento-toiminta aloitettiin kevään 2017 aikana ja syksyyn 2017 mennessä oli suoritettu noin 50 lentoa. Ennen oman ilma-aluskaluston hankintaa, ilmakehuvauspalveluita tilattiin muilta yrityksiltä. (Ujanen, 2017.)

Tampereen kaupungilla on käytössä yksi miehittämätön ilma-alus, GeoDrone X4L. GeoDrone X4L sisältää 24 megapikselin kameran ja miehittämättömyyttä ilma-alusta on tähän mennessä käytetty muun muassa ortokuvien, pistepilvien ja kuorimallien tuottamiseen sekä suorittamaan kohdennettuja valo- ja videokuvauksia. Perinteisen kameran lisäksi miehittämättömässä ilma-aluksessa ei ole käytössä muita sensoreita, kuten laserkeilainta tai lämpökameraa. Tuotetun aineiston prosessointiin käytössä on Pix4D-ohjelmisto. Miehittämättömällä ilma-aluksella tuotettua aineistoa on tähän mennessä hyödynnetty Tampereella muun muassa ortokuvien muodostamisessa ja kantakartan ylläpitämisessä. (Uusitalo, 2017.)

4.1.2 Visuaalisen aineiston hallinta ja hyödyntäminen

Visuaalista aineistoa, kuten ilmakehuvauksia ja laserkeilauksia, on tuotettu Tampereella runsaasti. Aineiston hyödyntämisessä on kuitenkin ollut haasteita, sillä tiedot ovat olleet vaikeasti löydettävissä ja sitä kautta hankalasti hyödynnettävissä. Aineistoa on ollut saatavilla, mutta ne ovat olleet levällään eri paikoissa ja tämä on aiheuttanut muun muassa ylimääräisiä sekä päällekkäisiä töitä.

Tampereen kaupungille on tehty opinnäytetyö, jolla haettiin ratkaisua visuaalisen aineiston hallintaan. Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella visuaalisen aineiston koonnille palvelu, joka edistää hankkeiden kokonaistaloudellisesti kannattavampaa läpivientiä ja aineiston tehokkaampaa hyödyntämistä. Palvelun tavoitteena on toimia vuorovaikutteisena ja aktiivisesti ylläpidettynä kanavana, jossa jaetaan informaatiota jo olemassa olevista sekä tulevista aineistoista. Palvelun kautta on mahdollista päästä käsiksi aineistoon sekä tarkastelemaan aineiston metatietoja klikkaamalla haluttua sijaintia kartalla. Palvelu on tällä hetkellä testivaiheessa. (Ylitalo, 2017.)

Opinnäytetyössä toteutettiin lisäksi selvitys kyselyn muodossa Tampereen kaupungin tuottaman visuaalisen aineiston hyödyntämisestä ja käytämisestä kaupunkiympäristössä. Kyselyyn saatujen vastausten perusteella eri tavoin tuotettuja aineistoja hyödynnetään eniten suunnittelussa ja visualisoinnissa, jotka myös tukevat vahvasti toisiaan. Lisäksi aineistoja hyödynnetään muun muassa seurantaan ja valvontaan liittyvissä tehtävissä kuten työmaiden etenemisen seurannassa. Visuaalisesta aineistosta eniten hyödynnetään orto- ja viistokuvia. Kyselyllä kartoitettiin myös, minkälaiselle uudelle aineistolle voisi olla käyttömahdollisuuksia ja esille nousi etenkin tuoreiden ja ajantasaisten ilmakuvien tarve, sillä niiden määrä koettiin vähäiseksi aineistojen vanhetessa nopeasti. Myös 3D-kaupunkimalleille koettiin tarvetta ja esimerkiksi laserkeilausaineistoille oli kyselystä saatujen tulosten mukaan yllättävän matala tarve. (Ylitalo, 2017.)

4.1.3 Tietomallipohjainen suunnittelu ja ohjelmistojen käyttö

Tampereen kaupungilla on aktiivisesti käytössä liikenteen ja infran tietomallipohjaisessa suunnittelussa Novapoint-ohjelmisto. Novapoint-ohjelmisto on tietomallipohjaisen suunnittelun tärkein työväline ja sen käyttöön on panostettu. Tampereen kaupunki otti vuonna 2016 käyttöön Novapoint-tietomallipalvelimen, joka mahdollistaa työskentelyn yhteisellä alustalla ja edistää yhteistyötä eri toimijoiden välillä.

Tietomallipohjainen suunnitteluprosessi Tampereen kaupungilla lähtee liikkeelle kaavoituksen pohjalta yleisesti yleissuunnitelman tekemisellä Novapoint-ohjelmistolla ja suunnitelman visualisoinnilla Novapoint Virtual Map-ohjelmistolla. Visualisoinnissa on hyödynnetty myös 3ds Max -ohjelmistoa sekä testattu Unity-pelimoottoria. (Coloma, 2017.)

Myös InfraWorks-ohjelmistoa on Tampereella käytetty erityisesti luonnostelutyökaluna ja sen käyttöä on testattu erilaisissa kehityshankkeissa. Varsinaisissa hankkeissa ohjelmiston käyttö on ollut kuitenkin vähäistä, sillä käytössä on koettu haasteita liittyen datan tuomiseen osaksi mallia,

eikä Novapoint- ja InfraWorks-ohjelmistojen välistä rajapintaa ole testattu. (Coloma, 2017.)

Tampereen kaupungilla on saatavilla kaupunkimalli, josta lähtötietoja on vapaasti ladattavissa ja hyödynnettävissä DWG-tiedostoformaattissa. Kaupunkimallia on hyödynnetty suunnittelussa paljon etenkin viime vuosina. Sen hyödyntäminen tietomallipohjaisessa suunnittelussa vaatii kuitenkin vielä paljon tiedon jalostamista ja muokkaamista tietomallipohjaista suunnittelua tukevaan tiedostomuotoon.

4.1.4 Yhteenveto tehostamisen kohteista

Yhteenvetona haastatteluiden pohjalta esille nousivat seuraavat tehostamisen kohteet:

- miehittämättömän ilma-aluksen käytön monipuolistaminen kartoittamalla uusia käyttötarkoituksia
- tuotetun aineiston hallinnan tehostaminen ja kehittäminen
- tuotetun aineiston hyödyntäminen monipuolisemmin ja tehokkaammin
- tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvan aineiston saatavuuden parantaminen
- InfraWorks-ohjelmiston tehokkaampi hyödyntäminen osana tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia
- InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välisen rajapinnan testaaminen.

Tämä opinnäytetyö keskittyy yläpuolella luetelluista tehostamisen kohteista Tampereen kaupungin miehittämättömän ilma-aluksen käytön monipuolistamiseen, ilmakuvausella tuotetun aineiston hyödyntämiseen monipuolisemmin ja tehokkaammin, InfraWorks-ohjelmiston tehokkaampaan hyödyntämiseen osana tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia sekä InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välisen rajapinnan testaamiseen.

Miehittämättömän ilma-aluksen käyttöä pyritään monipuolistamaan kartoittamalla ja tekemällä selvitystyötä erilaisista käyttötarkoituksista (luku 2.7) sekä pohdintaa tulevaisuuden mahdollisuuksista ja uhkakuvista (luku 5.1.2) miehittämättömien ilma-alusten käyttöön liittyen. Tuotetun aineis-

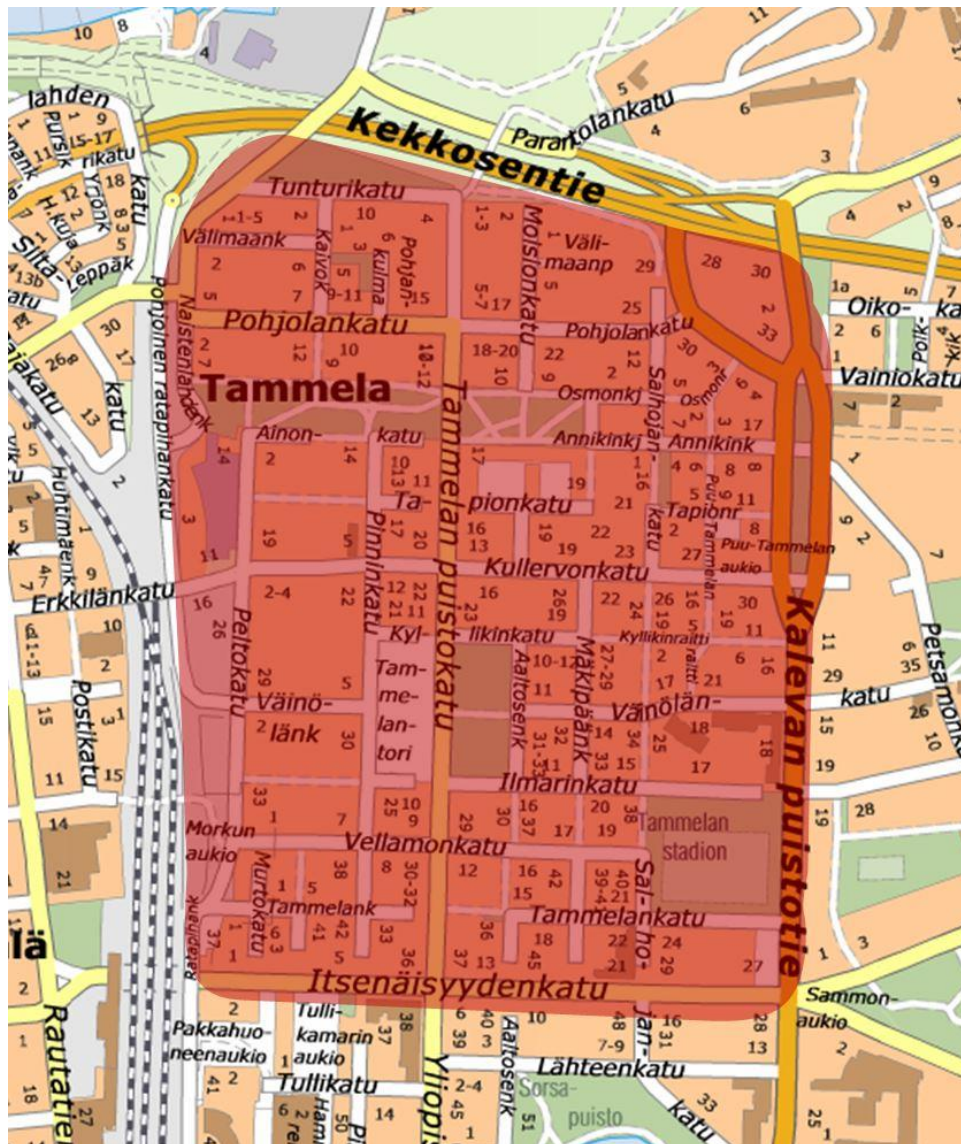
ton (ortokuva ja pistepilvi) hyödyntämistä pyritään tehostamaan sekä InfraWorks-ohjelmiston käyttöä lisäämään enemmän varsinaisissa hankkeissa testaamalla ohjelmiston mahdollisuuksia ja Novapoint-/InfraWorks-ohjelmistojen välistä rajapintaa.

4.2 Case: Tammelan lähtötietomalli

Opinnäytetyössä muodostettavan lähtötietomallin alueeksi valikoitui 6 537 asukkaan (v. 2012) Tammela (kuva 14) Tampereella. Tammela sijaitsee Tampereen keskustassa ja se rajautuu pohjoisessa Kekkosen-tiehen, idässä Kalevan puistotiehen, etelässä Itsenäisyydenkatuun ja lännessä rataa. Alue valittiin lähtötietomallin alueeksi, koska siellä on käynnissä ja käynnistymässä useita maankäytön ja liikenteen kehittämissankkeita. (Tampereen kaupunki, 2012.)

Tammela on nopeasti kehittyvä alue ja se kuuluu Tampereen kaupungin Viiden tähden keskusta-nimiseen kehittämissohjelmaan. Tammelaan on suunnitteilla paljon täydennysrakentamista ja tavoitteena on muun muassa tiivistää kaupunkirakennetta. Tammelan yleissuunnitelmassa on lueteltu esimerkiksi seuraavia teemoja alueen liikenteen ja infran kehittämistä koskien:

- Pinninkadun kaupunkimaisuuden vahvistaminen
- kevyen liikenteen ja julkisen liikenteen mahdollisuuksien lisääminen.
- Tammelantorin kehittäminen
- innovatiiviset uudet pysäköintijärjestelyt ja Tammelan toriparkki
- rakennusten ja kadunvarren välisten avoimien pysäköintikenttien muuttaminen kansipihoiksi. (Tampereen kaupunki, 2012.)



Kuva 14. Lähtötietomallin aluerajaus. (Karttapalvelu Tampere, 2017)

4.3 Käytetyt ohjelmistot

Opinnäytetyössä käytettiin seuraavia ohjelmistoja:

- Agisoft PhotoScan
- Autodesk ReCap 360
- Autodesk AutoCAD Civil 3D 2017 ja 2018
- Autodesk InfraWorks 2017 ja 2018
- Trimble Novapoint 20.05.

Agisoft PhotoScan -ohjelmistolla voidaan prosessoida kuvista esimerkiksi pistepilvi- ja ortokuva-aineistoa sekä 3D-malleja.

ReCap on 3D-mallien tai 2D-piirustusten muodostamiseen tarkoitettu ohjelmisto, jolla voi myös esimerkiksi muokata pistepilviaineistoja. (Autodesk)

AutoCAD Civil 3D on tietomallinnusta tukeva yhdyskuntainfrastuktuurin suunnitteluohjelmisto. (Autodesk, 2017)

InfraWorks on tietomallinnusta tukeva infrastuktuurin visuaalinen 3D-mallinnus, esi- ja yleissuunnittelu- sekä analysointiohjelmisto, jota voidaan käyttää esimerkiksi yleissuunnittelussa erilaisten vaihtoehtojen luonnosteluun ja tarkasteluun. (Autodesk)

Novapoint on tietomallinnusta tukeva suunnitteluohjelmisto esimerkiksi teiden, katujen, rautateiden, tunnelien ja siltojen suunnitteluun. Ohjelmisto sisältää sovelluksia, jotka soveltuvat Suomessa toteutettavaan suunnitteluun. (Civilpoint Oy.)

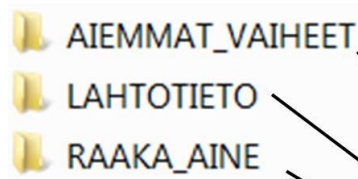
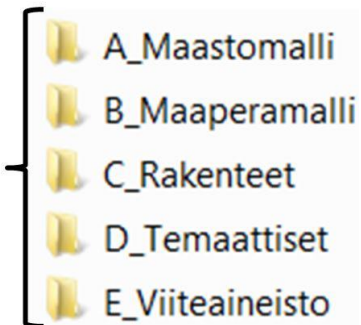
4.4 Lähtötietomallin muodostus

Lähtötietomallin muodostusprosessi eteni Yleisten inframallivaatimusten (2015) viiden eri päävaiheen (kuva 12) mukaisesti:

1. Toimeksianto
2. Raaka-aineen tilaus
3. Raaka-aineen muokkaus lähtötiedoksi
4. Lähtötietomallin luovutus
5. Tilaajan hyväksyminen.

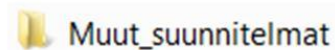
4.4.1 Kansiorakenteen luominen

Prosessin ensimmäinen varsinainen työvaihe piti sisällään lähtötietomallin kansiorakenteen (kuva 15) luomisen InfraWorks-mallia varten. Kansiorakenne luotiin Yleisten inframallivaatimusten (2015) ohjeen (osa 3) mukaisesti, noudattaen lähtötietomallin rakennetta koostuen kolmesta eri pääkansioista sekä niiden alakansioista.

Pääkansiot:**Pääkansioden alakansiot:**

Kuva 15. InfraWorks-mallia varten muodostetun lähtötietomallin pää- ja alakansiorakenne.

Lisäksi pääkansioille luotiin toisen tason alakansioita seuraavasti:

A_Maastomalli:**B_Maaperamalli:****C_Rakenteet:****D_Temaattiset:****E_Viiteaineisto:**

Kuva 16. InfraWorks-mallia varten muodostetun lähtötietomallin toisen tason alakansiorakenne.

4.4.2 Raaka-aineen hankinta

Hankittavan raaka-aineen osalta pääosassa oli miehittämättömällä ilma-aluksella hankittu raaka-aine, jossa hyödynnettiin Ramboll Finland Oy:n miehittämätöntä ilma-alusta (DJI Phantom 4 Pro).

Tammelan alueesta suoritettiin aluerajauksen mukainen ilmakekuvaus. Alueesta otettiin yksittäisiä pystykuvia siten, että jokainen maastonkohta näkyi vähintään kahdessa pystykuvassa. Ilmakekuvauksella tuotettu raaka-aine koostui yksittäisistä pystykuvista.

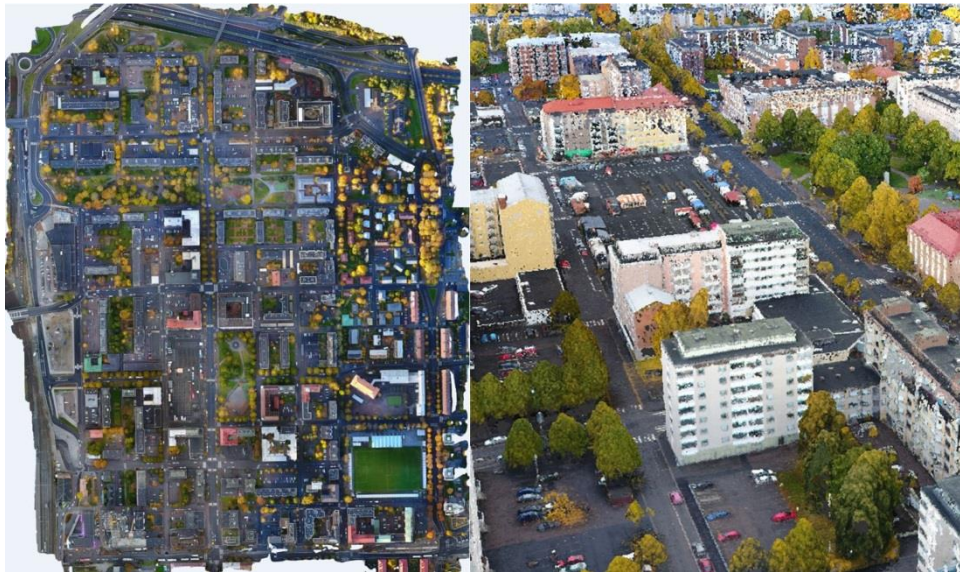
Lisäksi hankittiin lähtötietomallin muodostamisessa tarvittavat muut raaka-aineet:

- liikenneväylät
- liikennemäärätiedot
- joukkoliikennelinjasto
- kiinteistö- ja tonttirajat
- rakennukset ja rakenteet (aidat, liikennevalopylväät, katuvalot jne.)
- putki- ja johtotiedot
- kalliopintamalli
- meluselvitykset
- kasvillisuus.

Raaka-aineen hankinnassa pystyttiin hyödyntämään suurilta osin avoimen datan palveluita (Tampereen avoimien aineistojen tiedostopalvelu, Tampereen avoimen datan palvelu ja Tampereen avoin kaupunkimalli). Hankitusta raaka-aineesta ainoastaan putki- ja johtotiedot sekä kalliopintamalli tilattiin erikseen. Raaka-aineet tiedostoformaatteineen sekä lähteineen dokumentoitiin lähtöaineistoluetteloon (liite 1).

4.4.3 Raaka-aineen käsittely ja jalostaminen lähtötiedoksi

Ramboll Finland Oy:n miehittämättömällä ilma-aluksella tuotettu raaka-aine käsiteltiin ja jalostettiin tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvaksi lähtötiedoksi (kuva 17). Raaka-aineesta (yksittäiset pystykuvat) muodostettiin koordinaatistossa oleva ortokuva (TIFF-tiedostoformaatti) ja pistepilvi (LAS-tiedostoformaatti) Agisoft PhotoScan-ohjelmistolla.

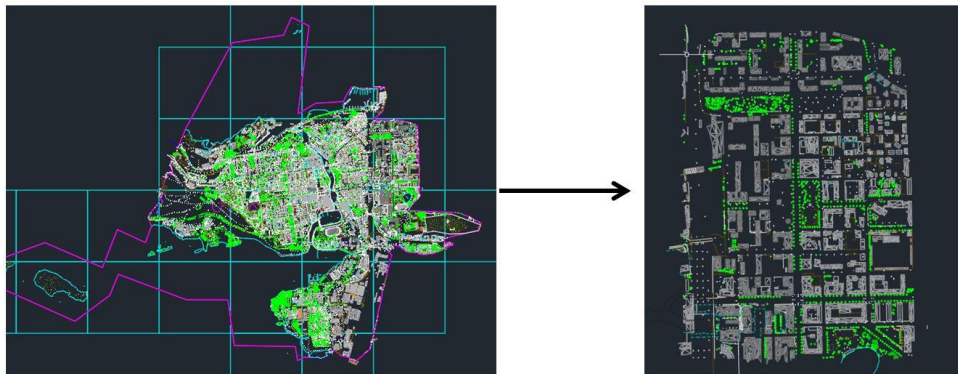


Kuva 17. Tuotettu ortokuva (vas.) ja pistepilvi (oik.) Tammelan alueesta. (Ramboll Finland Oy, 2017)

Miehittämättömällä ilma-aluksella tuotettu ja Agisoft PhotoScan -ohjelmistossa muodostettu pistepilviaineisto muunnettiin Autodesk ReCap -ohjelmistossa LAS-tiedostoformaattista RCS-tiedostoformaattiin, joka voidaan lukea sisään sekä AutoCAD Civil 3D -, että InfraWorks-ohjelmistoihin maanpinnan muodostamista varten. AutoCAD Civil 3D -ohjelmistossa pistepilvestä muodostettiin maanpinta komennolla "CREATESURFACEFROMPOINTCLOUD".

Muiden raaka-aineiden osalta käsittely ja jalostaminen tietomallipohjaiseen muotoon InfraWorks-ohjelmistoa varten vaati toimenpiteiden suorittamista Autodesk Civil 3D -ohjelmistossa. Yleisimmät suoritettavat toimenpiteet liittyivät aineistojen rajaamiseen sekä objektien muuntamiseen haluttuun tiedostoformaattiin.

Raaka-aineiden käsittelyssä ja jalostamisessa hyödynnettiin Tampereen kaupungin avointa kaupunkimallia, joka tuotiin DWG-tiedostona Civil 3D -ohjelmistoon. Tuotu kaupunkimalli käsitti koko Tampereen keskustan alueen, joka rajattiin kattamaan Tammelan alue (kuva 18).



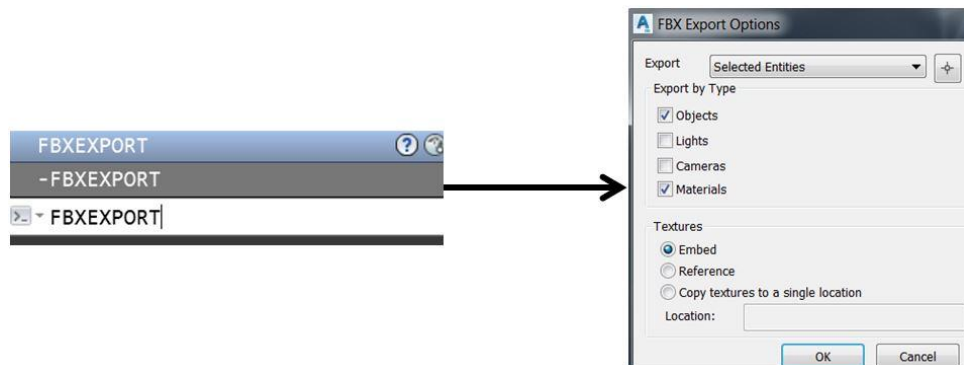
Kuva 18. Aineistojen käsittelyssä hyödynnettiin Tampereen avointa kaupunkimallia.

Rajatusta kaupunkimallista voitiin muuntaa (kuva 19) suoraan sen sisältämät rakenteet (esimerkiksi aidat, liikennevalopylväät, katuvalot) ja kasvillisuus haluttuun tiedostoformaattiin (SDF) "MAPEXPORT"-komennolla ja viedä sen jälkeen InfraWorks-ohjelmistoon.



Kuva 19. "MAPEXPORT"-komennolla muunnettiin aineistoja SDF-tiedostoformaattiin.

InfraWorks-malliin tarvittut rakennukset ja muut 3D-objektit voitiin muuntaa kaupunkimallista FBX-tiedostoformaattiin Civil 3D -ohjelmiston kautta "FBXEXPORT"-komennolla (kuva 20) ja sen jälkeen viedä InfraWorks-ohjelmistoon.



Kuva 20. "FBXEXPORT"-komennolla muunnettiin aineistoja FBX-tiedostoformaattiin.

Kaupunkimallia (DWG) hyödynnettiin myös muun raaka-aineen osalta, jota ei löytynyt kaupunkimallista. Muut aineistot tuotiin aina osaksi DWG-kaupunkimallia oikeaan koordinaatistoon (esimerkiksi ETRS-TM35FIN koordinaatistosta ETRS-GK24 koordinaatistoon) ja rajattiin Tammelan alueeseen. Tämän jälkeen aineisto muunnettiin haluttuun tiedostoformaattiin (SDF tai FBX) ja vietiin InfraWorks-ohjelmistoon yllä olevien toimenpiteiden (kuvat 20 ja 21) mukaisesti.

Avoimen datan palveluista tuotiin osaksi kaupunkimallia (kuva 21) liikenneväylät, liikennemäärätiedot, joukkoliikennelinjasto, kiinteistö- ja tonttirajat sekä meluselvitykset. Lisäksi myös saadut johto- ja putkitiedot sekä kalliopintamalli tuotiin osaksi kaupunkimallia Civil 3D -ohjelmistoon, jossa aineistoja käsiteltiin ja jalostettiin. Aineistojen käsittelyyn ja jalostamiseen suoritettut toimenpiteet dokumentoitiin lähtöaineistoluetteloon (liite 1).

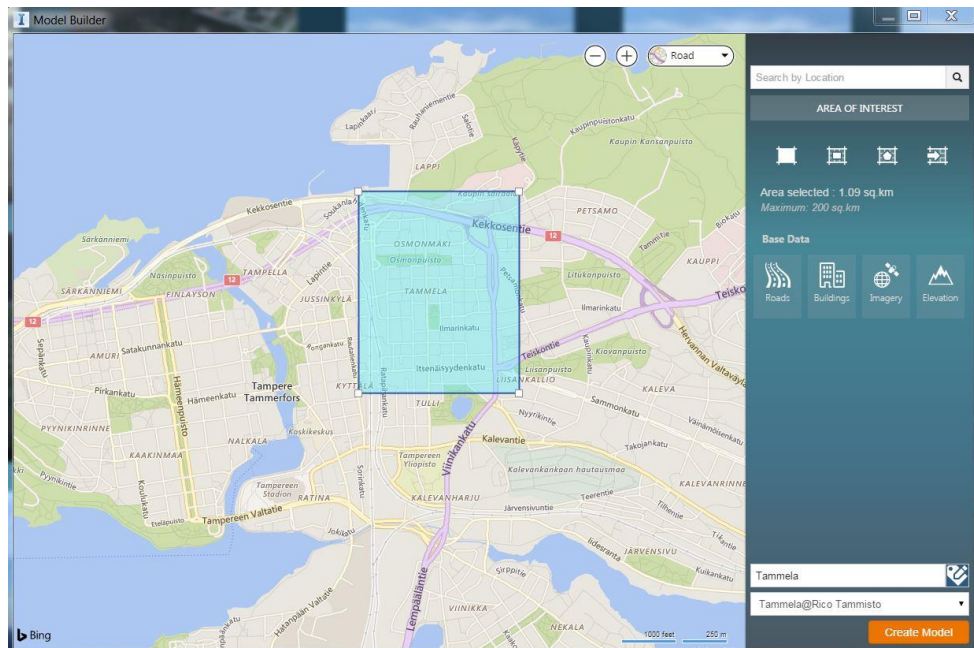
Kiinteistö- ja tonttirajat**Liikenneverkko**

Kuva 21. Aineistoja tuotiin osaksi DWG-kaupunkimallia Civil 3D -ohjelmistoon.

4.4.4 Lähtötietomallin muodostaminen InfraWorks-ohjelmistossa

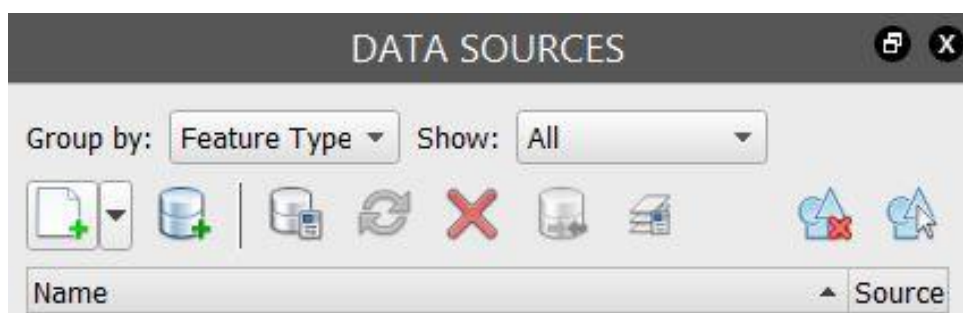
Raaka-aineen käsittelyn ja jalostamisen jälkeen muodostettiin lähtötietomallin havainnollistamiseksi malli InfraWorks-ohjelmistossa (kuva 22). InfraWorks-mallin muodostusprosessi on kuvattu tässä osiossa vaihe vaiheelta. Alkuperäinen malli muodostettiin InfraWorks 2017-ohjelmistoversiolla, joka opinnäytetyön edetessä päivitettiin 2018-ohjelmistoversioon.

Mallille luotiin aloitusvaiheessa InfraWorks-ohjelmistossa oma ryhmä, jonka kautta malli voitiin jakaa esimerkiksi muille suunnittelijoille käytettäväksi tai tilaajalle tarkasteltavaksi. Koordinaatistoksi määritettiin ETRS-GK24 (EUREF-FIN) / N2000.



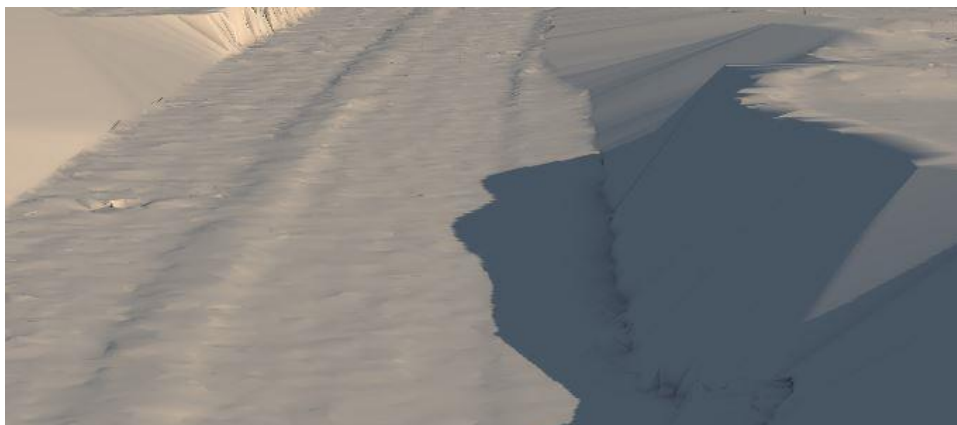
Kuva 22. Muodostamisessa käytettiin ”Model Builder” -toimintoa, jolla rajattiin alue Tammelaan.

Ensimmäisenä toimenpiteenä mallista poistettiin tietokannasta malliin saadut valmiit lähtötiedot kuten tiet ja kadut, ilmakuva sekä maanpinta. Nämä valmiit lähtötiedot eivät sovellu lähtötietomalliin tarkkuustason ja epäluotettavuuden takia. Tietokannasta saatuja rakennuksia ei vielä tässä vaiheessa poistettu mallista, sillä niitä voitiin hyödyntää visualisoinnissa myöhemmässä vaiheessa.



Kuva 23. Tietojen lisääminen, poistaminen ja asetusten hallinta suoritetaan ”Data Sources”-välilehden kautta.

Malliin tuotiin ensimmäiseksi AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa pistepilvestä muodostettu maanpinta (kuva 24) linkittämällä AutoCAD Civil 3D DWG-tiedosto ”Data Sources”-välilehden kautta InfraWorks-malliin. Maanpinnan voi tuoda myös LandXML-tiedostoformaattissa.



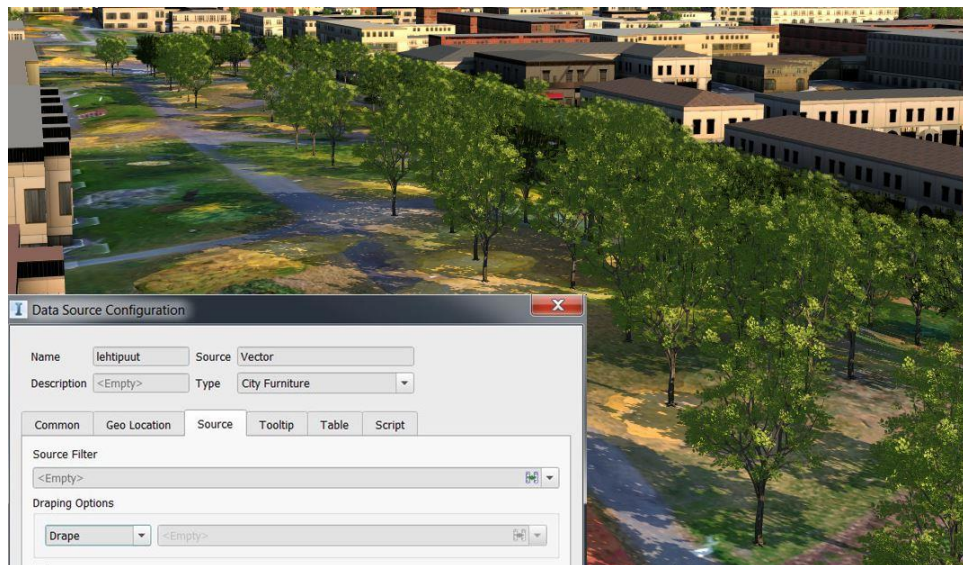
Kuva 24. Pistepilviaineistosta muodostettu maanpinta InfraWorks-mallissa.

Maanpinnan linkittämisen jälkeen malliin tuotiin alueesta tuotettu ajantasainen ja tarkka ortoilmakuva TIFF-tiedostoformaattissa (kuva 25).



Kuva 25. Miehitämättömällä ilma-aluksella tuotettu ortoilmakuva tuotiin pistepilviaineistosta muodostetun maanpinnan päälle.

Seuraavaksi malliin tuotiin kasvillisuus (kuva 26) hyödyntäen Tampereen kaupungin avoimesta kaupunkimallista löytyvää DWG-aineistoa. Kasvillisuusaineisto tuotiin malliin SDF-tiedostoformaattissa, joka soveltuu hyvin 2D-aineiston tuomiseen DWG-tiedostosta osaksi mallia. Aineiston tuomisen yhteydessä määritettiin aineistolle tyyppi sekä objekti, jota aineiston esittämiseen käytetään. Tässä tapauksessa objektiksi valittiin InfraWorks-ohelmiston valmiista objektiikirjastosta puu. Samaa menetelmää noudattaen tuotiin osaksi mallia myös aidat sekä liikennevalo- ja katuvalopylväät.



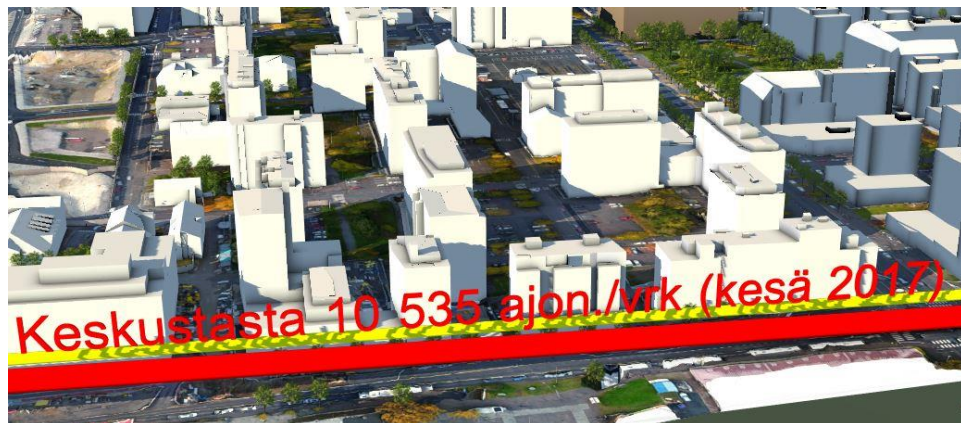
Kuva 26. Mikäli tuotavalla aineistolla ei ole määritettyä Z-koordinaattia, onnistuu aineiston "kiinnittäminen" maanpintaan valitsemalla asetuksista vaihtoehto "Drape".

Johto- ja putkitiedot tuotiin malliin SDF-tiedostoformaattissa sekä 2D-viivoina maanpinnan päälle, että 3D-putkina maanpinnan alle (kuva 27). Tällä tavoin haluttiin havainnollistaa johto- ja putkitietoja paremmin myös maanpinnan päältä mallia tarkasteltaessa. Sama tiedosto tuotiin siis kahteen kertaan, mutta 2D-viivat tuotiin malliin valitsemalla tyypiksi "Coverage Area" ja 3D-putket valitsemalla tyypiksi "Pipelines" ja määrittämällä esitettävä objekti eli tässä tapauksessa putki.



Kuva 27. Johto- ja putkitiedot tuotiin sekä 2D-viivoina, että 3D-putkina lähtötietomalliin.

Itsenäisyydenkadun saatavilla olevat liikennemäärätiedot tuotiin malliin myös 3D-putkina (kuva 28), joiden halkaisija kuvaa liikennemäärävolyyymiä. Liikennemäärien lisätietoina malliin tuotiin 3D-tekstinä ajoneuvojen lukumäärät vuorokaudessa.



Kuva 28. Itsenäisyydenkadun liikennemäärätiedot tuotiin malliin havainnollistavina 3D-objekteina.

Tampereen avointa kaupunkimallia hyödynnettiin mallinnettujen rakennusten tuomiseen osaksi lähtötietomallia. Koska rakennukset olivat jo 3D-muodossa DWG-tiedostossa, voitiin ne tuoda suoraan osaksi lähtötietomallia InfraWorks-ohjelmistoon FBX-tiedostoformaattissa (kuva 29).



Kuva 29. Tampereen avoimesta kaupunkimallista tuotiin mallinnetut rakennukset FBX-tiedostoformaattissa InfraWorks-malliin.

2D-viivoina SDF-tiedostoformaattissa tuotiin lähtötietomalliin myös liikenneväylät (kuva 30), kiinteistö- ja tonttirajat (kuva 31), bussilinjasto (kuva 32) sekä meluennusteaineisto (kuva 33).



Kuva 30. Liikenneväylät (keltaisella) osana lähtötietomallia.

Aineistoa tuotaessa 2D-viivoina malliin, voidaan viivalle määrittää haluttu leveys. Tuotujen aineistojen osalta on käytetty viivan leveytenä yhtä (1) metriä sen erottuvuuden takia, mutta tarkempaa tarkastelua varten viivan leveyden voi määrittää esimerkiksi 0,1 metriin.



Kuva 31. Kiinteistö- ja tonttirajat (punaisella) osana lähtötietomallia.



Kuva 32. Bussilinjasto (vihreällä) osana lähtötietomallia.

Meluselvitysaineiston osalta melutasovyöhykkeen desibeliarvoa kuvaavat värit määritettiin InfraWorks-ohjelmistossa aineiston tuomisen jälkeen hyödyntäen Tampereen kaupungin karttapalvelussa sijaitsevaa samaa aineistoa. Lähtötietomalliin tuotu meluselvitysaineisto kuvaa ennustetta vuoden 2030 keskiäänitasosta päivällä.



Kuva 33. Meluselvitysaineisto vuoden 2030 keskiäänitasosta (päivä) osana lähtötietomallia.

Lähtötietomalliin kootut aineistot ovat kaikki yhdessä paikassa ja niitä voidaan tarkastella yksitellen tai useampaa samaan aikaan (kuva 34). InfraWorks-ohjelmistossa on mahdollisuus luoda myös erilaisia teemoja esimerkiksi maanpinnan korkeuseroihin liittyen, tällöin ohjelmisto korostaa eri väreillä korkeuseroja.



Kuva 34. Lähtötietomalliin tuotuja aineistoja voidaan laittaa päälle tai sammuttaa sekä tarkastella esimerkiksi yhtä tai useampaa aineistoa kerrallaan.

Tietokannasta saatuja rakennuksia hyödynnettiin tässä vaiheessa nopeaan visualisointiin (kuva 35) alueesta, kun esimerkiksi rakennusten korkeudet voitiin määrittää tuotujen mallinnettujen rakennusten avulla. Koska tuoduissa mallinnetuissa rakennuksissa ei ollut oikeaa julkisivua eikä materiaalia määritettyinä, soveltui visualisointiin paremmin tietokannasta saadut rakennukset.



Kuva 35. Tammelan alueesta tehty nopea visualisointi hyödyntäen tietokannasta saatuja rakennuksia.

4.5 InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välisen rajapinnan tutkiminen

Opinnäytetyön loppuvaiheessa tutkittiin myös InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välistä rajapintaa. Tavoitteena oli muodostaa lähtötietomalli InfraWorks-ohjelmistossa ja sen jälkeen testata lähtötietomallin siirtämistä AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston kautta Novapoint-ohjelmistoon sekä kerätä käyttökokemuksia rajapinnan yhteensopivuudesta ja käyttömahdollisuuksista.

Luku 5.4 sisältää havaintoja sekä tuloksia ohjelmistojen rajapinnan testaamiseen liittyen.

4.6 Lähtöaineistoluettelo ja tietomalliselostus

Lähtötietomallin lähtöaineistoluettelo (liite 1) laadittiin InfraWorks-ohjelmistoon muodostetun lähtötietomallin tueksi sisältäen suoritettujen toimenpiteiden kuvauksen kunkin raaka-aineen muokkauksen osalta.

Lisäksi työssä laadittiin tietomalliselostus (liite 2), joka sisältää selostuksen työn taustasta ja tavoitteista sekä lähtötietomallin sisällöstä ja perustiedoista suunnitteluperusteineen.

5 TYÖN TULOKSET JA HAVAINNOT

Tässä luvussa käsitellään opinnäytetyön tuloksia työn toiminnallisen osuuden aikana tehtyjen havaintojen pohjalta. Luku sisältää lisäksi omaa pohdintaa käsiteltäviin aihealueisiin liittyen sekä arvioinnin omasta suoriutumisesta opinnäytetyön aikana.

Tärkeimmät havainnot liittyvät miehittämättömän ilma-aluksen käyttöön lähtötietojen hankinnassa ja hyödyntämisessä, miehittämättömän ilma-aluksen tulevaisuuden mahdollisuuksiin ja uhkakuviin, InfraWorks-ohjelmiston hyödyntämiseen osana tietomallipohjaista yleissuunnittelu-prosessia sekä InfraWorks-/Novapoint-väliseen rajapinnan testaamiseen.

5.1 Miehittämättömän ilma-aluksen käyttö lähtötietojen hankinnassa ja tuotetun aineiston hyödyntäminen

Miehittämättömällä ilma-aluksella (DJI Phantom 4 Pro) tuotetusta lähtöaineistosta oli erityisen suuri hyöty, koska lähtötietomallin alueella (Tammela) on meneillään useita liikenteeseen ja maankäyttöön liittyviä kehittämishankkeita kuten Tampereen raitiotien rakentaminen. Näin ol-

len alueesta saatiin varmasti ajantasaiset ilmakeu- ja pistepilviaineistot lähtötietomallin perustaksi.

Miehittämättömän ilma-aluksen käyttö lähtötietojen hankinnassa soveltuu erityisen hyvin alueilla, joilla lähtötietoja on niukasti saatavilla tai lähtötiedon tiedetään olevan vanhentunutta. Miehittämättömän ilma-aluksen avulla voidaan kuvata kustannustehokkaasti laajojakin alueita, jotka ennen vaativat miehitetyn ilma-aluksen kuten lentokoneen tai helikopterin käyttämisen ilmakevauksen suorittamiseksi. Lisäksi satelliittikuvat voivat olla jopa vuosia vanhoja ja miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetulla aineistolla päästään huomattavasti parempaan tarkkuuteen.

Miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetun aineiston avulla voidaan päivittää ja täydentää esimerkiksi Tampereen kaupungin avointa kaupunkimallia tuoreilla lähtötiedoilla jatkuvasti, jotta käytössä on aina ajantasaiset lähtötiedot (kuva 36).

Ilmakeu miehittämättömällä ilma-aluksella Avoimesta kaupunkimallista tuotu lähtötieto



Kuva 36. Avoimen kaupunkimallin vanhentunut lähtötieto voidaan korvata ajantasaisilla lähtötiedoilla hyödyntäen miehittämätöntä ilma-alusta.

Opinnäytetyössä vertailtiin lisäksi Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta haettua ortoilmakuvaa ja laserkeilausaineistosta muodostettua maanpintaa sekä miehittämättömällä ilma-aluksella (DJI Phantom 4 Pro) tuotettua ortoilmakuvaa ja pistepilvestä muodostettua maanpintaa keskenään. Vertailu toteutettiin InfraWorks-ohjelmistossa (kuva 37).

Miehittämättömällä ilma-aluksella tuotettu aineisto



Maanmittauslaitoksen aineisto



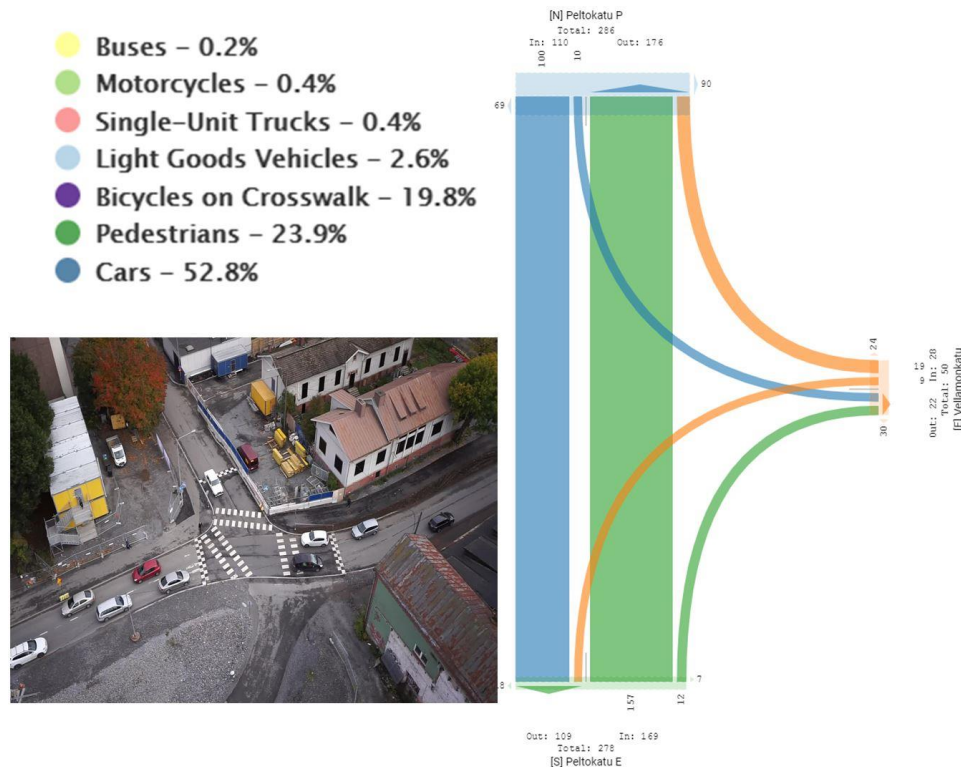
Kuva 37. InfraWorks-ohjelmistossa toteutettu vertailu miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetusta aineistosta ja Maanmittauslaitoksen avoimien aineistojen tiedostopalvelusta haetusta aineistosta.

Opinnäytetyön aikana myös Tampereen kaupungin omalla miehittämättömällä ilma-aluksella (GeoDrone X4L) suoritettiin videokuvaus Peltokadun ja Vellamonkadun liittymäalueesta. Tuotetun videokuvausaineiston soveltuvuutta automaattiseen liikenteenlaskentaan päätettiin testata opinnäytetyössä.

Videokuvausaineisto vietiin Miovision-liikenteenlaskentapalveluun, jossa liittymäalueesta kuvatussa videosta suoritettiin automaattinen liikenteenlaskenta erotellen linja-autot, moottoripyörät, raskas liikenne, pakettiautot, pyöräilijät, jalankulkijat ja henkilöautot.

Onnistunut laskenta vaati toteutuakseen vakaan videokuvan. Liian epävakaa videokuva voidaan tarvittaessa vakauttaa videonkäsittelyohjelmistossa ja viedä sen jälkeen automaattiseen liikenteenlaskentaan. Palvelu

antoi liittymän (kuva 38) laskennan tarkkuudeksi 85 %, jossa virhemarginaali on +/- 5 %.



Kuva 38. Tampereen kaupungin miehittämätöntä ilma-alusta hyödyntäen saatiin kustannustehokkaasti laskettua liikennettä vilkkaassa liittymässä.

5.1.1 Haasteet

Haasteita miehittämättömän ilma-aluksen käytölle lähtötietojen hankinnassa asetti sääolosuhteiden vaihtelut, jotka viivästyttivät ilmakuvausten suorittamista suunnitellusta aikataulusta.

Toinen haaste liittyi miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetun pistepilviaineiston pohjalta muodostettuun maanpintaan. Pistepilviaineisto sisälsi paljon rakennuksia ja puita, joten sopivien asetusten löytäminen InfraWorks-ohjelmistossa maanpinnan muodostamiseksi vei aikaa ja lisäksi pistepilven tiedostokoko oli erittäin suuri, mikä teki aineiston käsittelystä hidasta.

Alun perin maanpinta oli tarkoitus muodostaa InfraWorks-ohjelmistossa, mutta tämä todettiin pian työlääksi, sillä pistepilviaineisto sisälsi noin 127 miljoonaa pistettä. AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa pistepilven harvennaminen oli nopeampaa ja asetusten löytäminen helpompaa, joten

maanpinta muodostettiin siellä ja vietiin vasta sen jälkeen InfraWorks-ohjelmistoon. Erityisesti suurikokoisten sekä paljon rakennuksia ja puita sisältävien pistepilviaineistojen pohjalta maanpinta kannattaa muodostaa AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa ja sen jälkeen vasta viedä muodostettu maanpinta esimerkiksi LandXML-tiedostoformaattissa InfraWorks-ohjelmistoon.

5.1.2 Tulevaisuuden mahdollisuudet ja uhkakuvat

Tampereella on käynnissä paljon kehittämishankkeita, joten miehittämättömän ilma-aluksen käytöllä on siellä muun muassa ajantasaisten lähtötietojen hankinnassa suuri potentiaali, jota ei ole vielä täysin päästy hyödyntämään.

Myös uusien käyttötarkoitusten käyttöönotto ja toiminnan kehittäminen pitävät sisällään paljon mahdollisuuksia etenkin suurten ja vilkkaiden liittymäalueiden liikennelaskentojen kannalta. Myös esimerkiksi jalkapallo-otteluiden tai toritapahtumien yhteydessä toteutettavien jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden käyttäytymistutkimusten tai rakennusten kattojen kuntotarkastukset pitävät sisällään potentiaalia.

Tulevaisuudessa miehittämättömien ilma-alusten käyttöön liittyy paljon mahdollisuuksia. On hyvä, että toiminta Suomessa mahdollistetaan tällä hetkellä laajasti ja siitä on tehty joustavaa, sillä se taas mahdollistaa toiminnan kehittymisen ja muun muassa uusien käyttötarkoitusten löytämisen. Uusia käyttötarkoituksia syntyy nytkin jatkuvasti ja toiminta tulee varmasti kasvamaan entisestään.

Yleisellä tasolla on ollut paljon keskustelua ja kokeilujakin jo tehty esimerkiksi miehittämättömien ilma-alusten käyttämisestä pakettien tai jopa ihmisten kuljettamiseen. Tavaroiden ja ihmisten kuljettaminen paikasta toiseen voi hyvinkin olla tulevaisuudessa yksi käyttötarkoituksista, kun esimerkiksi turvallisuuteen liittyvät seikat saadaan kuntoon.

Erilaisia sensoreita kuten lämpökameroita ja mittareita voitaisiin hyödyntää esimerkiksi lämpökarttojen muodostamiseen liikennevirroista tai käyttää ilma-alusta esimerkiksi ilmanlaadun tai radioaktiivisuuden mittaamiseen. Myös VR-teknologia on tullut osaksi ilma-aluksia erityisesti harrastekäytössä, mutta sen käyttö kaupallisiin tarkoituksiin on ollut vielä vähäistä. Kaiken kaikkiaan miehittämättömien ilma-alusten tulevaisuuden käyttötarkoitusten pohdinnassa vain mielikuvitus on rajana.

Toisaalta miehittämättömien ilma-alusten käyttöön liittyy myös uhkia. Valmisteilla on kansainvälinen sääntely EU-tasolla, joka koskee miehittämättöntä ilmailua Euroopassa. Riskinä on, että tällä hetkellä joustavaa

toimintaa tulitaisiin EU-tason sääntelyllä rajoittamaan, mikä taas jarruttaisi toiminnan kehittymistä.

Myös väärinkäyttö erilaisiin rikollisiin tarkoituksiin on jo todellisuutta. Tulevaisuudessa uhkana on, että tämänkaltaisen toiminta kasvaisi ja siitä syystä toimintaa jouduttaisiin rajoittamaan.

5.2 Raaka-aineen käsittely ja jalostaminen

Raaka-aineen käsittelyyn ja jalostamiseen kului työssä paljon aikaa, kun suurin osa aineistosta ei ollut valmiiksi tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvassa muodossa.

Tällä hetkellä raaka-aineen käsittely ja jalostaminen tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvaan muotoon on työlästä ja aikaa vievää. Valmiin, tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvan lähtötiedon saatavuutta tulisi kehittää tietomallipohjaisen suunnitteluprosessin tehostamiseksi.

5.3 InfraWorks-ohjelmiston hyödyntäminen osana tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia

InfraWorks-ohjelmisto soveltuu hyvin lähtötietomallin muodostamiseen ja havainnollistamiseen. Muodostetun lähtötietomallin pohjalta voidaan toteuttaa esi- ja yleissuunnittelua InfraWorks-ohjelmistossa itsessään.

InfraWorks-ohjelmisto soveltuu erityisen hyvin esi- ja yleissuunnitteluun, jossa ei vielä vaadita tarkempaa suunnittelua. Ohjelmistossa voidaan esimerkiksi tarkastella teiden ja katujen eri linjausvaihtoehtoja, luonnostella pysäköintialueita, tehdä näkemäanalyysyjä, tarkastella poikkileikkauksia tai luonnostella esimerkiksi uutta asuinalueita. Ohjelmisto sisältää myös erilaisia analysointityökaluja, joita voidaan hyödyntää esi- ja yleissuunnittelussa nopeuttaen näin päätöksentekoa. Ohjelmistolla voidaan havainnollistaa erilaisia vaihtoehtoja nopeasti ja jopa suunnitella tien tai kadun alustavat vaaka- ja pituusgeometriat. Seuraavassa suunnitteluvaiheessa tulee kuitenkin jatkaa tarkempaan suunnitteluun tarkoitettuun ohjelmistossa, kuten AutoCAD Civil 3D- tai Novapoint-ohjelmistoissa. Tiedonsiirtoa muihin ohjelmistoihin tarkastellaan luvussa 5.4.

InfraWorks soveltuu nykytilan mallinnuksen sekä esi- ja yleissuunnittelun lisäksi myös esimerkiksi Novapoint- tai AutoCAD Civil 3D-ohjelmistoissa tehtyjen tarkempien suunnitelmien mallinnukseen ja näyttäväänkin visualisointiin. Esimerkiksi AutoCAD Civil 3D-ohjelmistolla tehty 2D-suunnitelma voidaan visualisoida InfraWorks-ohjelmistossa 3D-muodossa nopeasti.

Koska ohjelmisto toimii pilvipalvelun kautta, tarkoittaa se sitä, että tilaajalla ja suunnittelijoilla on käytännössä reaaliaikainen näkymä malliin. Ohjelmisto on hyvä lisä myös esimerkiksi kokouksiin, joissa malli toimii keskustelun tukena ja sitä voidaan näyttää suoraan tilaajalle sekä tehdä muutoksia malliin kokouksen aikana.

Lisäksi InfraWorks-ohjelmisto tukee tietomallipohjaista suunnittelua (tiedonsiirtoformaatit kuten IFC ja LandXML) ja mahdollistaa tiedonsiirron tietomallipohjaisten ohjelmistojen välillä.

5.3.1 Haasteet

Haasteita InfraWorks-ohjelmiston hyödyntämisessä osana tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia esiintyi esimerkiksi ohjelmistoversioiden päivityksen kanssa. Opinnäytetyön aikana päivitin InfraWorks-ohjelmiston versiosta 2017 versioon 2018. Päivityksen yhteydessä kävi ilmi, että eri versiot eivät ole yhteensopivia keskenään, vaan kaikilla samaa mallia työstävillä täytyy olla sama ohjelmistoversio. Vanhemmalla ohjelmistoversiolla (2017) työstetty InfraWorks-malli tuli myös päivittää uuteen ohjelmistoversioon (2018) sopivaksi.

InfraWorks-mallin päivityksen aikana esiintyi myös virheilmoituksia, mutta useamman yrityksen jälkeen malli lopulta päivittyi tuoreimpaan ohjelmistoversioon sopivaksi. Ohjelmistoversioiden päivityksen osalta opin, kun vanhalla ohjelmistoversiolla työstetty malli päivitetään uuteen ohjelmistoversioon sopivaksi, kannattaa aina päivittää malli kopiona, jotta vanhempaan ohjelmistoversioon mallista voidaan tarvittaessa palata.

Myös raaka-aineen käsittely- ja jalostusvaiheessa oli jonkin verran haasteita, kun aineistoa vietiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistosta InfraWorks-ohjelmistoon. Esimerkiksi meluselvitysaineiston vieminen alkuperäisessä koossa aiheutti sekä AutoCAD Civil 3D-, että InfraWorks-ohjelmiston kaatumisen useaan otteeseen. Myös InfraWorks-mallin tiedostokoko nousi nopeasti suureksi, mikä teki mallista raskaan pyörittää. Aineistoja täytyi rajata siis valmiiksi AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston puolella melko tarkalleen Tammelan alueen kokoiseksi, jotta tiedostokoko pysyi maltillisena.

Kalliopintamallia ei saatu näkyviin InfraWorks-mallissa maanpinnan kanssa samaan aikaan, joten kalliopinta jätettiin lähtötietomallista pois. Kalliopintamalli voidaan tuoda tarkemmassa suunnitteluvaiheessa mukaan esimerkiksi AutoCAD Civil 3D- tai Novapoint-ohjelmistossa.

5.4 InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välinen rajapinta

Lähtötietomallin muodostamisen jälkeen testattiin InfraWorks- ja Novapoint-ohjelmistojen välistä rajapintaa sekä tiedonsiirtoa ohjelmistojen välillä.

Testausvaiheen aikana todettiin, että tietoja ei voida siirtää suoraan ohjelmistosta toiseen, vaan tiedonsiirto tapahtuu AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston kautta. InfraWorks-ohjelmistosta tietoja voidaan kirjoittaa ulos joko IMX-tiedostoformaattissa tai avata AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston kautta paikallinen InfraWorks-malli suoraan SQLite-tiedostoformaattissa.

Avataksaan InfraWorks-mallin SQLite-tiedostoformaattissa, tulee AutoCAD Civil 3D- ja InfraWorks-ohjelmistot olla yhteensopivia versioita keskenään sekä asennettuna samalle tietokoneelle. Muussa tapauksessa malli tulee avata IMX-tiedostoformaattissa, joka uloskirjoitetaan InfraWorks-ohjelmistosta ulos. AutoCAD Civil 3D-ohjelmistosta tietoja voidaan uloskirjoittaa LandXML-tiedostoformaattissa ja tuoda Novapoint-ohjelmistoon.

Ensimmäiseksi testattiin InfraWorks-ohjelmistossa muodostetun lähtötietomallin siirtämistä AutoCAD Civil 3D-ohjelmistoon sekä SQLite- että IMX-tiedostoformaateissa, mutta lähtötietomalliin kootut lähtötiedot kuten kiinteistö- ja tonttirajat sekä muut aineistot eivät siirtyneet mallin mukana. Ainoastaan maanpinta ja putkitiedot siirtyivät InfraWorks-ohjelmistosta AutoCAD Civil 3D-ohjelmistoon sekä edelleen Novapoint-ohjelmistoon.

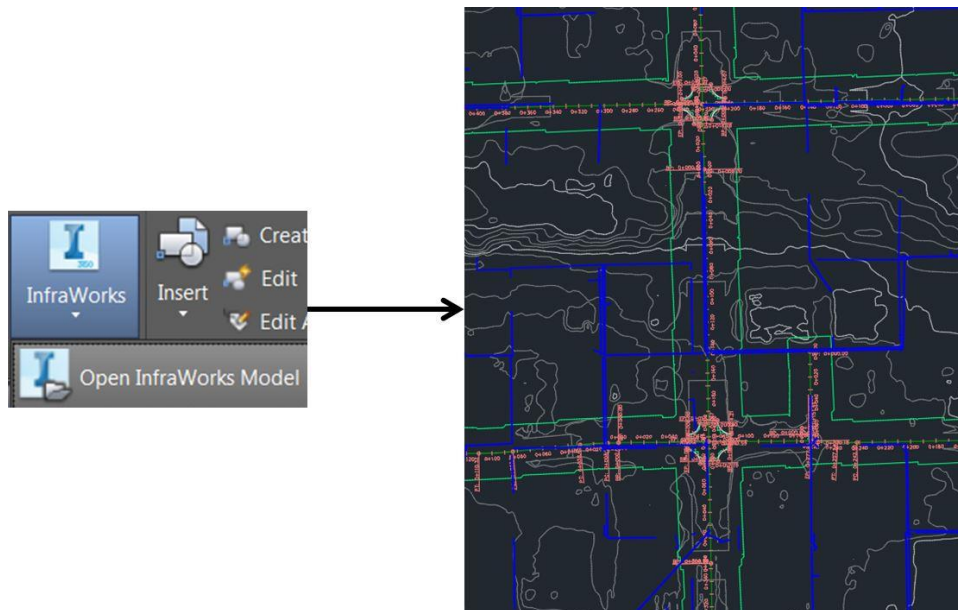
Seuraavaksi testattiin InfraWorks-ohjelmistossa toteutetun suunnitelman (kuva 39) siirtämistä AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston kautta Novapoint-ohjelmistoon tarkempaa jatkosuunnittelua varten. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että muodostettuun lähtötietomalliin luonnosteltiin InfraWorks-ohjelmistossa katuja ja liittymiä sekä niille suunniteltiin alustavat vaaka- ja pituusgeometriat.



Kuva 39. InfraWorks-ohjelmistossa muodostettuun malliin luonnosteltiin katuja ja liittymiä sekä testattiin niiden viemistä AutoCAD Civil 3D-ohjelmistoon tarkempaa suunnittelua varten.

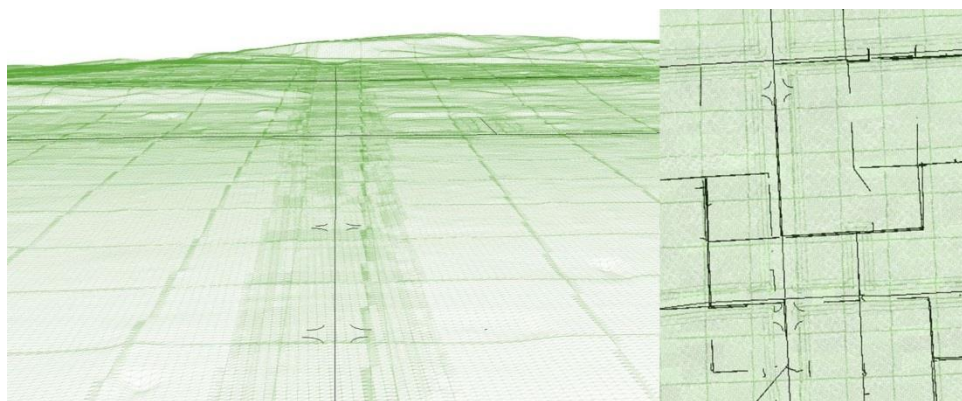
InfraWorks-malli avattiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa SQLite-tiedostoformaattissa (kuva 40) ja valittiin InfraWorks-ohjelmiston kanssa yhtenevä koordinaatisto (ETRS-GK24/N2000) käytettäväksi myös AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa. Mallin avaamisen jälkeen käytössä oli nykyisen ja uuden maanpinnan sekä putkitietojen lisäksi myös InfraWorks-ohjelmistossa luonnosteltujen katujen mittalinjat ja liittymät.

AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa voidaan jatkaa suunnittelua tarkemmalla tasolla ja hienosäätää InfraWorks-ohjelmistossa toteutettuja suunnitelmia.



Kuva 40. AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa voidaan avata InfraWorks-malli komennolla "IMPORTAIWMODEL" joko IMX- tai SQLite-tiedostoformaattissa.

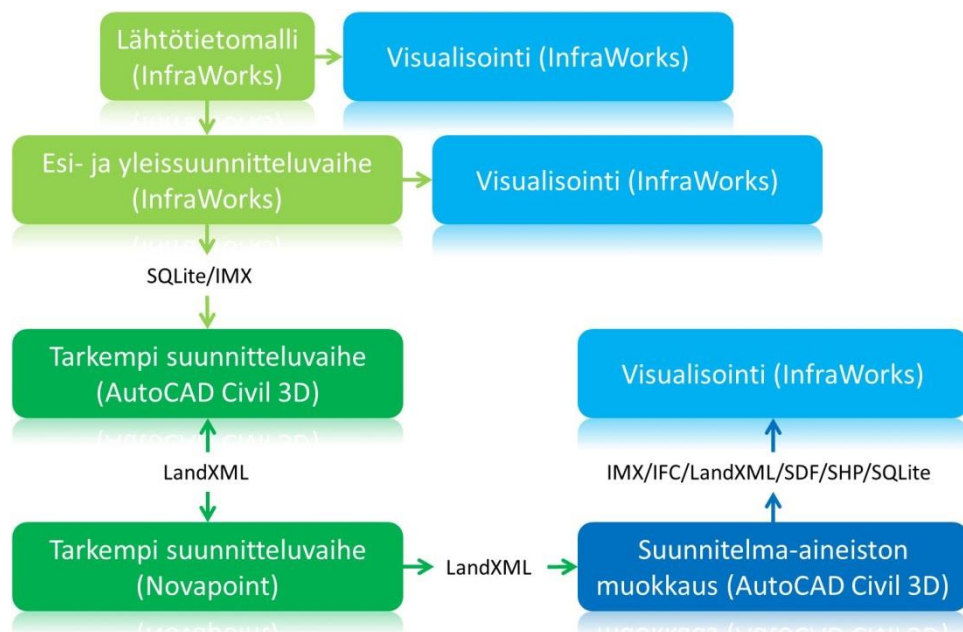
AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa voidaan tiedot uloskirjoittaa Novapoint-ohjelmistoa (kuva 41) varten komennolla "LANDXMLOUT". Uloskirjoittamisen yhteydessä voidaan määrittää, mitä tietoja uloskirjoitetaan. LandXML-tiedostoformaattissa on mahdollista uloskirjoittaa esimerkiksi nykyinen ja uusi maanpinta, mittalinjat geometriatietoineen sekä putkitiedot.



Kuva 41. InfraWorks-ohjelmistosta tuotiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston kautta Novapoint-ohjelmistoon nykyinen ja uusi maanpinta, mittalinjat sekä putkitiedot.

Testausvaiheen perusteella rajapinta toimii parhaiten siten, että lähtötietomalli tulee muodostaa suoraan Novapoint-ohjelmistossa, mikäli esi- ja yleissuunnittelu toteutetaan Novapoint-ohjelmistolla (kuva 43). Mikäli InfraWorks-ohjelmistoa käytetään esi- tai yleissuunnitteluun, kannattaa lähtötietomalli muodostaa InfraWorks-ohjelmistossa ja viedä esi- tai yleissuunnitelma sen jälkeen tarkempaa suunnittelua varten muihin ohjelmistoihin kuten AutoCAD Civil 3D- ja Novapoint-ohjelmistoihin (kuva 42).

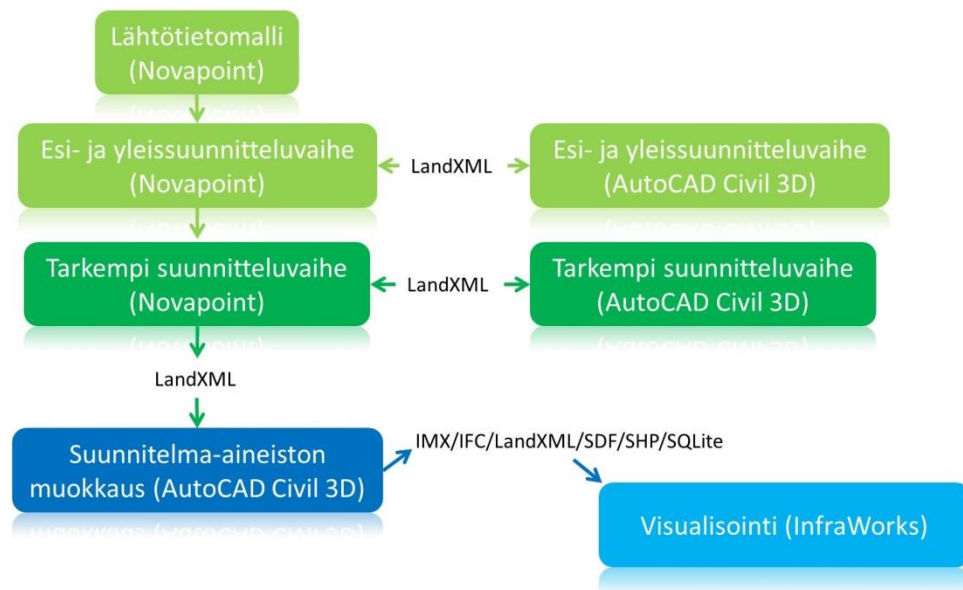
Koska InfraWorks-ohjelmiston käyttöliittymä on helppo, on myös esi- ja yleissuunnittelu InfraWorks-ohjelmistolla usein nopeampaa ja kustannustehokkaampaa kuin tarkempaan suunnitteluun tarkoitetuilla ohjelmistoilla. Lisäksi esi- ja yleissuunnitelmasta saadaan aikaan visuaalisempia ja havainnollistavampia suunnitelmaluonnoksia, jotka nopeuttavat päätöksentekoa ja parantavat kommunikointia sekä ymmärrystä tilaajan ja suunnittelijan välillä.



Kuva 42. Toteutettaessa esi- ja yleissuunnitteluvaihe InfraWorks-ohjelmistolla, on toimintakaavio yksinkertaistettuna seuraavanlainen.

Jos esi- ja yleissuunnitteluvaiheessa vaaditaan jo erityistä tarkkuutta tai se ei sovellu jostain toisesta syystä InfraWorks-ohjelmistossa toteutettavaksi, tulee esi- ja yleissuunnitteluvaihe toteuttaa tarkempaan suunnitteluun tarkoitettu ohjelmistossa kuten Novapoint- tai AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa.

Tarkempaa suunnitelma-aineistoa voidaan muokata AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa ja viedä InfraWorks-ohjelmistoon visualisointia varten. InfraWorks-ohjelmistossa voidaan visualisoida tarkkojakin suunnitelmia viemällä ohjelmistoon esimerkiksi suunnitelman maanpinta ja hyödyntämällä AutoCAD Civil 3D-ohjelmiston ”Corridor”-objektia, joka muodostetaan mittalinjasta, mittalinjan vaaka- ja pituusgeometriasta sekä poikki-leikkauksesta.



Kuva 43. Toteutettaessa esi- ja yleissuunnitteluvaihe Novapoint-ohjelmistolla, on toimintakaavio yksinkertaistettuna seuraavanlainen.

5.5 Arviointi

Työ oli mielenkiintoinen ja haastava, sillä toiminnallinen osuus sisälsi useita teknisiä työvaiheita sekä tutkittavia osa-alueita. Opinnäytetyön aikana sain työskennellä itseäni erityisesti kiehtovien asioiden äärellä ja niiden käytön tehostamiseksi, mikä oli motivoivaa.

Kokonaisuudessaan työ onnistui hyvin ja olen tyytyväinen työn tuloksiin tehtyjen havaintojen pohjalta. Työn aikana syntyi myös uusia osa-alueita, joita voi lähteä jatkossa kehittämään ja tutkimaan enemmän.

5.6 Johtopäätökset

Uuden teknologian tuomien mahdollisuuksien hyödyntäminen sekä uusien ohjelmistojen käyttöönotto ja niihin panostaminen on tärkeää, jotta

tietomallipohjaista suunnitteluprosessia kokonaisuudessaan voidaan kehittää ja tehostaa.

Miehittämättömien ilma-alusten hyödyntäminen osana prosessia esimerkiksi lähtötietojen keräämisessä on nopeaa ja kustannustehokasta sekä sen avulla vähennetään virheiden määrää suunnittelussa, kun lähtötiedot ovat ajan tasalla ja tarkkoja. Miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetun aineiston tarkkuus soveltuu erinomaisesti yleissuunnitteluun ja myös tarkempiin suunnitteluvaiheisiin, kuten rakennesuunnitteluun. Lentokorkeutta säätämällä voidaan kuvata laajoja alueita lyhyemmässä ajassa korkeammalta ja esimerkiksi pienempiä alueita matalammalta, jolloin myös tuotetun aineiston tarkkuus on parempi. Nykypäivän miehittämättömillä ilma-aluksilla tuotetun aineiston tarkkuus on huippuluokkaa myös korkeammalta (lentokorkeus esimerkiksi 150 m) kuvattaessa. Myös liikennelaskentojen suorittaminen miehittämättömällä ilma-aluksella on kannattavaa, kun voidaan kuvata isoja ja vilkkaita liittymäalueita vähemmällä työpanoksella.

InfraWorks-ohjelmiston hyödyntäminen osana tietomallipohjaista suunnitteluprosessia tekee esi- ja yleissuunnitteluvaiheesta tehokkaamman ja visuaalisemman. Esi- ja yleissuunnittelu ohjelmistolla on nopeaa ja sen käyttöliittymä on helppo. Päätöksiä eri suunnitelmavaihtoehdoista voidaan tehdä nopeammin, kun ymmärrys tilaajan ja suunnittelijan välillä on parempi.

Tässä opinnäytetyössä tehtyjen havaintojen ja saatujen tulosten pohjalta jatkokehitettäviä ja tutkittavia osa-alueita ovat tietomallipohjaiseen suunnitteluun soveltuvan lähtötiedon saatavuuden kehittäminen ja sekä InfraWorks-ohjelmistolla toteutetun esi- tai yleissuunnitelman jatkaminen tarkempaan suunnitteluun tarkoitetulla ohjelmistolla, kuten AutoCAD Civil 3D- ja Novapoint -ohjelmistoilla. Myös miehittämättömän ilma-aluksen uusien käyttötarkoitusten testaaminen ja käyttöönotto ovat jatkoon kannalta kannattavia ja vähintään kokeilunarvoisia, sillä ne pitävät sisällään paljon potentiaalia.

LÄHTEET

ANS Finland (2017). Ilmailukäsikirja AIP. Haettu 10.8.2017 osoitteesta <https://ais.fi/ais/eaip/fi/index.htm>

Autodesk (2017). AutoCAD Civil 3D. Haettu 10.10.2017 osoitteesta <https://www.autodesk.fi/products/autocad-civil-3d/overview>

Autodesk (2017). InfraWorks. Haettu 10.10.2017 osoitteesta <https://www.autodesk.com/products/infraworks/overview>

Autodesk (2017). ReCap. Haettu 10.10.2017 osoitteesta <https://www.autodesk.com/products/recap/overview>

buildingSMART Finland (2015). Lähtötiedot ovat inframallintamisen peruskivi. Haettu 23.8.2017 osoitteesta <https://buildingsmart.fi/lahtotiedot-ovat-inframallintamisen-peruskivi/>

buildingSMART Finland (2015). Yleiset inframallivaatimukset YIV.

Civilpoint Oy (2017). Novapoint. Haettu 10.10.2017 osoitteesta <https://civilpoint.fi/ohjelmistot/trimble/novapoint/>

Coloma, R. (2017). Tampereen kaupunki.

DJI (2016). Phantom 4 PRO/PRO+ User Manual. Haettu 14.8.2017 osoitteesta https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_4_pro/Phantom+4+Pro+Pro+Plus+User+Manual+v1.0.pdf

Droneinfo.fi (2017). Missä ei saa lentää? Haettu 10.8.2017 osoitteesta http://www.droneinfo.fi/fi/ala_lennata_taalla

Droneinfo.fi (2017). Ohjeita turvalliseen lennättämiseen. Haettu 14.8.2017 osoitteesta http://www.droneinfo.fi/fi/nain_lennatat_turvallisesti

Geotrim Oy (2017). GeoDrone X4L. Haettu 21.8.2017 osoitteesta <http://shop.geotrim.fi/geodrone-x4l-578.html>

Haggrén, H., Koistinen, K., Laiho-Heikkinen, A. & Heikkinen, J. (2008). Maa-57.1030 Fotogrammetrian perusteet.

Insta Airhow (2017). Haettu 7.7.2017 osoitteesta
<https://www.unmanned.fi/fi/etusivu/>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2015). Robotit maalla, merellä ja ilmassa. Liikenteen älykkään automaation edistämissuunnitelma. Haettu 6.7.2017 osoitteesta <https://www.lvm.fi/documents/20181/514467/Julkaisuja+7-2015/1d7f13f3-409b-4957-8023-85d227b8585b?version=1.0>

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2015). Tekes. Haettu 7.7.2017 osoitteesta
https://tapahtumat.tekes.fi/uploads/dc6a7676/RPAS_Jukka_Hannola_Trafi-2702.pdf

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2016). Kauko-ohjatun ilma-aluksen ja lennokin lennättäminen OPS M1-32, perustelumuistio. Haettu 7.7.2017 osoitteesta
https://www.trafi.fi/filebank/a/1482415449/f3c93eaf88a6bc38f9f460fa10e4175c/23516-OPS_M1-32_VALMIS_perustelumuistio_RPAS.pdf

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2017). Ajankohtaista miehittämättömässä ilmailussa. Haettu 15.8.2017 osoitteesta
<http://trafi.mailpv.net/a/s/5356802071d1266f5299549a835f0d475509e078/1887429>

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2017). RPAS Lentotyötoiminta. Haettu 15.8.2017 osoitteesta
https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu/rpas_lentotyö

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2017). RPAS tilastoja. Haettu 16.8.2017 osoitteesta
https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu/rpas_tilastot

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2017). Määräys OPS M1-32.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi (2017). Miehittämätön ilmailu. Haettu 14.8.2017 osoitteesta
https://www.trafi.fi/ilmailu/miehittamaton_ilmailu

Karttapalvelu Tampere (2017). Haettu osoitteesta
<https://kartat.tampere.fi/>

Mustaniemi, A. (2017). Ramboll Finland Oy.

Ramboll Finland Oy (2017). Tarjoamme monipuolisia ilmakehuvauspalveluita. Haettu 7.7.2017 osoitteesta

<http://www.ramboll.fi/media/rfi/rambollilta-monipuolisia-ilmakuvauspalveluita>

Tampereen kaupunki (2012). Tammelan yleissuunnitelma. Haettu 7.7.2017 osoitteesta
https://www.tampere.fi/liitteet/t/aBjgABTYy/Tammelan_yleissuunnitelma_Kh_2012_raportti.pdf

Ujanen, O. (2017). Tampereen kaupunki.

Uusitalo, J. (2017). Tampereen kaupunki.

Ylitalo, E. (2017). Tampereen kaupunki.

LIITE 1

TAMMELAN KAUPUNGINOSA (TAMPERE) LITE 1

LÄHTÖAINESTO LUETTELO

Suunnitelman koordinatit ETRS-GK24 (EUREF-

FIN / N2000

Raaka-aine					Lähtöaine				
Osa	Aineisto	Pyydetty Sattu	Lähde	Lähde-järjestelmä	Sattu aineisto	Tiedostonimi muokkauksen jälkeen	Aineiston muokkaustoimenpiteet	Tekijä = Vastuu-henkilö	Kommentit Havainnot / Ongelmat / Riskit
A	Maastomalli								
A1	Kasvillisuus		Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	havupuu.sdf	Rajaus ja "MAPEXPORT"-komentolla layerin (puu_havupuu) uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
			Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	lehtipuu.sdf	Rajaus ja "MAPEXPORT"-komentolla layerin (puu_lehtipuu) uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
A2	Korkeustiedot		Ramboll Finland Oy	ETRS-GK24FIN / N2000	pisteplh_tammela_GK24.las	pisteplh_GK24_Tammela.rcs	Export rcp-formaattiin (ReCap) ja maapinnan muodostaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
A3	Vesitöt		Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	rantaviiva.sdf	Rajaus ja "MAPEXPORT"-komentolla layerin (rantaviiva) uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
B	Maaperämalli								
B1	Kallio pintamalli	Aineisto pyydetty 3.10.2017 / Aineisto saatu 3.10.2017	Tampereen kaupunki	ETRS-GK24FIN / N2000	Kallio pinta_2010.dwg				
C	Rakenteet								
C1	Johde- ja putkietiedot		Tampereen avointen ainesten tiedostopalvelu	ETRS-GK24FIN / N2000	6820_24488_johtotiedot_v.shp	6820_24488_johtotiedot_v.shp	Ei muokkaustoimenpiteitä		
		Aineisto pyydetty 25.9.2017 / Aineisto saatu 25.9.2017	Tampereen kaupunki	ETRS-GK24FIN / N2000	Tammela_TrimbleNIS_11092017.dwg	johtdot_ja_putket.sdf	"MAPEXPORT"-komentolla uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
			Tampereen kaupunki	ETRS-GK24FIN / N2000	Tammela_TrimbleNIS_11092017.dwg	johtdot_ja_putket3.sdf	"MAPEXPORT"-komentolla uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
C2	Rakennukset		Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	rakennukset.flx	Rajaus ja "FBEXEXPORT"-komentolla rakennusten uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	Rakennuksille voi määrittää materiaalit. Ongelma: "RMAT"- komento ei toiminut, joten materiaaleja ei määritetty.
C3	Rakenteet		Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	adat.sdf	Rajaus ja "MAPEXPORT"-komentolla layerin (rakenne_atat) uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
			Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	katuvalot.sdf	Rajaus ja "MAPEXPORT"-komentolla layerin (sähköjohtolähtesymboli_pk_sähköverkon pylväs) uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
			Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	liikennevalopylväät.sdf	Rajaus ja "MAPEXPORT"-komentolla layerin (maaliikennesymboli_liikennevalopylväs) uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
D	Temaattiset								
D1	Ihmä- ja ortokuvat		Tampereen kaupunki	ETRS-GK24FIN	Yksittäiset pysty- ja vaakakuvat sekä ortokuva_tammela_pgor90pros_GK24_16102017.tif	ortokuva_tammela_pgor90pros_GK24_16102017.tif	Ei muokkaustoimenpiteitä.		
D2	Kaupunkimalli		Tampereen avoin kaupunkimalli	ETRS-GK24FIN / N2000	01_keskusta.dwg	01_keskusta_Tammela_rajattu.dwg	Rajaus Tammelan kaupunginosan (Civil 3D).	Rico Tammisto	
D3	Kierteistö- ja tonttirajat		Tampereen avointen ainesten tiedostopalvelu	ETRS-GK24FIN	ire_kierteisto_rajat_tunnukset.dwg	kierteisto_ja_tonttirajat.sdf	Rajaus ja tuominen osaksi dwg- kaupunkimallia. "MAPEXPORT"- komentolla uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	
D4	Liikenneaineistot								
D4-1	Bussilinjasto		Tampereen avoin data- palvelu	ETRS-GK24FIN	BUSSILINJATLine.shp	bussilinjat.flx / bussilinjat.sdf	Rajaus ja tuominen osaksi dwg- kaupunkimallia. "MAPEXPORT"- komentolla uloskirjoittaminen sdf- muotoon (Civil 3D). Flx-tiedoston tuomiseen polyline pursotettiin "3D- putket" ja käsiteltiin komentia "FBEXEXPORT".	Rico Tammisto	Hyödynnettiin polylineen pursotuksessa "CIRCLE"- "SDROTATE"- ja "EXTRUDE"- komentoja.
D4-2	Liikennemäärät		Tampereen avoin data- palvelu		Keskusta_Kesa_2017_20170901.stm	keskustaan_liikennemäärät_itsenäisyys- erikatu.flx / keskustasta_liikennemäärät_itsenäisyys- erikatu.flx	Liikennemääräsuojan pohjalta "3D- putket" peräsimen alkuu polylineana osaksi kaupunkimallia. Putken halkaisija luokitella liikennemääräviivymä, lisäily myös tekstinä liikennemäärät "putken" vähäpuolelle.	Rico Tammisto	Hyödynnettiin polylineen pursotuksessa "CIRCLE"- "SDROTATE"- ja "EXTRUDE"- komentoja.
D4-3	Liikenneverkko		Tampereen avointen ainesten tiedostopalvelu	ETRS-GK24FIN / N2000	6820_24488_tie_rautatie_v.shp	6820_24488_tie_rautatie_v.shp			
D5	Meluseivätykset								
D5-1	Ennuste kaikki päivä	Aineisto pyydetty 25.9.2017 / Aineisto saatu 25.9.2017	Tampereen kaupunki	ETRS-GK24FIN	Ennuste_k kaikki_paiva.shp	Ennuste_k kaikki_paiva.shp			
D5-2	Päiväkeskianvo 2012		Tampereen avoin data- palvelu	ETRS-GK24FIN	YV_MELU_P_2012_KESKIAANIPolygon.shp	meluseivätykset_päivä_keskianvo_2012.sdf	Rajaus ja tuominen osaksi dwg- kaupunkimallia. "MAPEXPORT"- komentolla uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	Aineiston tuominen osaksi dwg kaupunkimallia aiheutti useaan oitteeseen Civil 3D-ohjelmiston käyttämisen.
D5-3	Yökeskianvo 2012		Tampereen avoin data- palvelu	ETRS-GK24FIN	YV_MELU_Y_2012_KESKIAANIPolygon.shp	meluseivätykset_yö_keskianvo_2012.sdf	Rajaus ja tuominen osaksi dwg- kaupunkimallia. "MAPEXPORT"- komentolla uloskirjoittaminen (Civil 3D).	Rico Tammisto	Aineiston tuominen osaksi dwg kaupunkimallia aiheutti useaan oitteeseen Civil 3D-ohjelmiston käyttämisen.
E	Väliteaineisto								
E1	Muut suunnitelmat		Tampereen kaupunki		Tammelan_yleissuunnitelma_Kh_2012_raportti.pdf				

LIITE 2

Vastaanottaja
Tampereen kaupunki

Asiakirjatyyppi
Tietomalliselostus

Päivämäärä
3.11.2017

TIETOMALLISELOSTUS

LÄHTÖTIEDOT, LIITE 2

SISÄLTÖ

1.	Yleistä	2
1.1	Tausta ja tavoitteet	2
1.2	Työn sisältö ja ohjaus	2
1.3	Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä	2
1.4	Suunnitteluperusteet ja muuta huomioitavaa	2
2.	Lähtötietomalli	2
2.1	Lähtöaineistoluettelo	2
2.2	A Maastomalliaineisto	2
2.2.1	A1 Kasvillisuus	2
2.2.2	A2 Korkeustiedot	2
2.2.3	A3 Vesistöt	2
2.3	B Maaperämalliaineisto	3
2.3.1	B1 Kalliopintamalli	3
2.4	C Rakenteet	3
2.4.1	C1 Johto- ja putkitiedot	3
2.4.2	C2 Rakennukset	3
2.4.3	C3 Rakenteet	3
2.5	D Temaattiset	3
2.5.1	D1 Ilma- ja ortokuvat	3
2.5.2	D2 Kaupunkimalli	3
2.5.3	D3 Kiinteistö- ja tonttirajat	3
2.5.4	D4 Liikenneaineistot	3
2.5.4.1	D4-1 Bussilinjasto	3
2.5.4.2	D4-2 Liikennemäärät	3
2.5.4.3	D4-3 Liikenneverkko	3
2.5.5	D5 Meluselvitykset	4
2.5.5.1	D5-1 Ennuste v. 2030	4
2.5.5.2	D5-2 Päiväkeskiarvo v. 2012	4
2.5.5.3	D5-3 Yökeskiarvo v. 2012	4
2.6	E Viiteaineisto	4
2.6.1	E1 Muut suunnitelmat	4

1. YLEISTÄ

1.1 Tausta ja tavoitteet

Työssä muodostettiin opinnäytetyöhön kuuluvana osana lähtötietomalli Tammelan kaupungin osasta, joka sijaitsee Tampereella. Lähtötietomalli muodostettiin InfraWorks-ohjelmistoon hyödyntämällä lähtötietojen hankinnassa jo saatavilla olevan ajantasaisen lähtöaineiston lisäksi miehittämätöntä ilma-aluskalustoa, jolla suoritettiin alueen nykytilasta ilmakehu. Työn tärkeimpänä tavoitteena oli tehostaa liikenteen tietomallipohjaista yleissuunnitteluprosessia kehittämällä lähtöaineistojen käsittelyä.

1.2 Työn sisältö ja ohjaus

Lähtötietomalli sisältää lähtötietoina miehittämättömällä ilma-aluksella tuotetun pistepilven pohjalta muodostetun maanpinnan ja ortoilmakuvan sekä muun hankitun lähtötiedon (liikenneväylät, liikennemäärätiedot, bussilinjat, kiinteistö- ja tonttirajat, rakennukset ja rakenteet (aidat, liikennevalopylväät ja katuvalot), putki- ja johtotiedot, meluennustevalvitus (v. 2030 päivän keskiäänitaso) sekä kasvillisuus).

1.3 Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä

Lähtötietomallin koordinaattijärjestelmänä käytettiin ETRS-GK24 (EUREF-FIN)-koordinaatistoa ja korkeusjärjestelmänä N2000.

1.4 Suunnitteluperusteet ja muuta huomioitavaa

Tämä lähtötietomalli soveltuu esi- ja yleissuunnitteluun, joka toteutetaan InfraWorks-ohjelmistossa.

2. LÄHTÖTIETOMALLI

2.1 Lähtöaineistoluettelo

Lähtötietomallin lähtöaineistoluettelo laadittiin InfraWorks-ohjelmistoon muodostetun lähtötietomallin tueksi sisältäen suoritettujen toimenpiteiden kuvauksen kunkin raaka-aineen käsittelyn ja jalostamisen osalta.

2.2 A Maastomalliaineisto

2.2.1 A1 Kasvillisuus

Tampereen avoimesta kaupunkimallista (AutoCAD Civil 3D) rajattiin ja uloskirjoitettiin Tammelan kaupunginosan havu- ja lehtipuut SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 3D-puuobjekteina.

2.2.2 A2 Korkeustiedot

Pistepilviaineisto (LAS) uloskirjoitettiin RCS-tiedostoformaattiin ReCap-ohjelmistossa ja maanpinta muodostettiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa. InfraWorks-malliin linkitettiin AutoCAD Civil 3D DWG-tiedosto, josta tuotiin malliin maanpinta.

2.2.3 A3 Vesistöt

Vesistöt ovat mukana lähtöaineistossa, ei esitetty InfraWorks-mallissa.

2.3 B Maaperämalliaineisto

2.3.1 B1 Kalliopintamalli

Kalliopintamalli on mukana lähtöaineistossa, ei esitetty InfraWorks-mallissa.

2.4 C Rakenteet

2.4.1 C1 Johto- ja putkitiedot

Johto- ja putkitiedot uloskirjoitettiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistosta SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 2D-viivoina ja 3D-putkiobjekteina.

2.4.2 C2 Rakennukset

Tampereen avoimesta kaupunkimallista (AutoCAD Civil 3D) rajattiin ja uloskirjoitettiin Tammelan kaupunginosan rakennukset FBX-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 3D-objekteina.

2.4.3 C3 Rakenteet

Tampereen avoimesta kaupunkimallista (AutoCAD Civil 3D) rajattiin ja uloskirjoitettiin Tammelan kaupunginosan aidat, katuvalopylväät ja liikennevalopylväät SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa kolmiulotteisina aita-, katuvalo- ja liikennevalopylväsobjekteina.

2.5 D Temaattiset

2.5.1 D1 Ilma- ja ortokuvat

Yksittäisistä pystykuvista muodostettu ortokuva vietiin TIF-tiedostoformaattissa InfraWorks-malliin maanpinnan päälle.

2.5.2 D2 Kaupunkimalli

Tampereen avoin kaupunkimalli (DWG-tiedosto) rajattiin Tammelan kaupunginosan kokoiseksi AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa.

2.5.3 D3 Kiinteistö- ja tonttirajat

Kiinteistö- ja tonttirajat rajattiin ja uloskirjoitettiin SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 2D-viivoina.

2.5.4 D4 Liikenneaineistot

2.5.4.1 D4-1 Bussilinjasto

Bussilinjasto rajattiin ja uloskirjoitettiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistosta SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 2D-viivoina.

2.5.4.2 D4-2 Liikennemäärät

Liikennemäärätaulukon pohjalta piirrettiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistossa 3D-putkina, jotka uloskirjoitettiin FBX-tiedostoformaattissa. Putken halkaisija kuvaa liikennemäärävolyyymiä, lisätty myös tekstinä liikennemäärät 3D-putkiobjektien yläpuolelle, jotka esitetty InfraWorks-mallissa.

2.5.4.3 D4-3 Liikenneverkko

Liikenneverkko esitetty InfraWorks-mallissa 2D-viivoina.

2.5.5 D5 Meluselvitykset

2.5.5.1 D5-1 Ennuste v. 2030

Vuoden 2030 meluennuste on esitetty InfraWorks-mallissa 2D-muodossa (SHP-tiedostoformaatti). Eri värit kuvaavat äänen desibelitasoa.

2.5.5.2 D5-2 Päiväkeskiarvo v. 2012

Vuoden 2012 meluselvitysaineisto äänen päiväkeskiarvosta rajattiin ja uloskirjoitettiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistosta SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 2D-muodossa. Eri värit kuvaavat äänen desibelitasoa.

2.5.5.3 D5-3 Yökeskiarvo v. 2012

Vuoden 2012 meluselvitysaineisto äänen yökeskiarvosta rajattiin ja uloskirjoitettiin AutoCAD Civil 3D-ohjelmistosta SDF-tiedostoformaattissa. Lähtötiedot on esitetty InfraWorks-ohjelmistossa 2D-muodossa. Eri värit kuvaavat äänen desibelitasoa.

2.6 E Viiteaineisto

2.6.1 E1 Muut suunnitelmat

Tammelan yleissuunnitelma (v. 2012) on mukana lähtöaineistossa, ei esitetty InfraWorks-mallissa.